Smart Destination in den Großschutzgebieten NRWs

Gutachten

NIT
NEW INSIGHTS FOR TOURISM

Gefördert durch
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

NORDRHEINWESTFALEN
Tourismus NRW e.V.

Gutachten: Smart Destination in den Großschutzgebieten NRWs

NIT Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa GmbH
Fleethörn 23
D – 24103 Kiel
www.nit-kiel.de

Autor: Dirk Schmücker (NIT)
Redaktion: Eric Horster (Hoch23 UG, Hamburg), Julian Reif (Touristicon GmbH, Heide)
Redaktionelle Mitarbeit/GIS: Fabian Will (NIT)

im Auftrag von
Tourismus NRW e.V.
Völklinger Straße 4
40219 Düsseldorf

Fachliche Betreuung: Nina Dahlhaus

Stand vom 25. Juni 2021

(Rev. 139-**25-06-21-10-49**-DS)
Titelbild: Pixabay 2407421

© 2021 NIT

Inhaltsverzeichnis

1 EINFÜHRUNG ... 7

1.1 Ziele des Gutachtens ... 7

1.2 Ablauf der Gutachtenerstellung ... 7

2 ÜBERBLICK: DIGITALES BESUCHERMANAGEMENT ... 7

2.1 Besucherlenkung und Besuchermanagement ... 7

2.2 Zielgruppen und Nutzungsdruck ... 10

2.3 Effektives Besuchermanagement ... 10

2.4 Grenzen eines Besuchermanagementsystems ... 11

2.5 Corona-Pandemie ... 12

2.6 Integration in bestehende Digitalisierungsmaßnahmen ... 12

2.7 Anforderungen an ein digitales Besuchermanagementsystem ... 13

3 GESTALTUNGSOPTIONEN ... 14

3.1 Messung und Sensorik ... 15

3.1.1 Lokale Sensorik ... 16

Wifi-/Bluetooth-Signalzähler ... 20

Licht-/Laserschranken ... 21

Laserdurchgangsscanner ... 21

LiDAR-Sensoren ... 22

Infrarotsensoren ... 23

Drucksensoren und Induktionsschleifen ... 24

Magnet-, Ultraschall und Radareinzelplatzsensoren ... 25

Optische Kameras ... 26

3.1.2 Globale Sensorik ... 28

Passive Mobilfunkdaten ... 28

Standortdaten aus mobilen Endgeräten ... 29

Satellitenbilder ... 31

3.1.3 Wetterdaten ... 31

3.1.4 Transaktionsdaten ... 32

3.1.5 Online-Nutzungsdaten ... 33
3.2 Datenhub/Datenmanagement ... 34
3.2.1 Bestehende Lösungen ... 35
TDM NRW ... 35
Touristische Datenstandards ... 36
IoT/Smart City-Plattformen ... 37
Routen- und Tourenplanung ... 38
3.2.2 Dezentrale Datenhaltung ... 39
3.2.3 Zentrale Datenhaltung mit Funktionstrennung ... 40
3.2.4 Integrierte zentrale Datenhaltung ... 41
3.3 Modellierung/Prognostik ... 41
3.4 Alternativengenerierung ... 42
3.4.1 Zielalternativen ... 43
3.4.2 Verkehrsmittelalternativen ... 44
3.5 Deployment ... 45
3.5.1 Interne Nutzung ... 45
3.5.2 Indirekte Kommunikation ... 46
3.5.3 Direkte Kommunikation ... 47
3.5.4 Integrierte Kommunikation ... 48
4 SITUATION UND BEDARFE IN DEN GROßSCHUTZGEBIETEN NRWS ... 51
4.1 Nationalpark Eifel ... 51
4.2 Naturpark Arnsberger Wald ... 53
4.3 Naturpark Bergisches Land ... 55
4.4 Naturpark Diemelsee ... 56
4.5 Naturpark Dümmer ... 58
4.6 Naturpark Hohe Mark ... 58
4.7 Naturpark Nordeifel ... 60
4.8 Naturpark Rheinland ... 61
4.9 Naturpark Sauerland Rothaargebirge ... 63

4.10 Naturpark Schwalm-Nette ... 65

4.11 Naturpark Siebengebirge ... 66

4.12 Naturpark Teutoburger Wald/Eggegebirge ... 67

4.13 Naturpark und Geopark TERRA.vita ... 69

5 EMPFEHLUNGEN ZUR IMPLEMENTIERUNG ... 71

5.1 Messung und Sensorik ... 71

5.1.1 Parkplätze ... 73
5.1.2 Andere Durchgangszähler ... 74
5.1.3 Globale Sensorik ... 74

5.2 Datenhub/Datenmanagement ... 75

5.3 Modellierung/Prognostik ... 76

5.4 Alternativengenerierung ... 76

5.5 Deployment ... 77

5.6 Organisatorischer Aufbau ... 78

5.6.1 Lokale Aufgaben ... 78
5.6.2 Zentrale Aufgaben ... 79
5.6.3 Kooperationsoffenheit ... 80

5.7 Rechtliche, ökologische und soziale Aspekte ... 81

5.7.1 Datenschutzrecht ... 81
5.7.2 Naturschutz- und Immissionsschutzrecht ... 82
5.7.3 Flächenverfügbarkeit und Eigentumsrechte, Baurecht ... 82
5.7.4 Ökologische und soziale Aspekte ... 83

5.8 Projektablaufplan ... 84

5.8.1 Zeitlicher Projektablauf ... 84
5.8.2 Organisatorischer Projektablauf ... 84

5.9 Grobkalkulation und Finanzierung ... 85

5.9.1 Grobkalkulation Projektlaufzeit 3 Jahre ... 85
5.9.2 Laufende Kosten nach Projektende ... 88
5.9.3 Finanzierung ... 88

6 ANHANG 90

6.1 Gespräche mit der Industrie 90

6.2 Gespräche mit den Schutzgebietsverwaltungen 90

6.2.1 Gesprächspartner 90

6.2.2 Leitfragen 91

6.3 Gespräche mit anderen Organisationen 91

6.4 Literatur 92

1 Einführung

1.1 Ziele des Gutachtens

Dieses Gutachten hat ein übergeordnetes und ein konkretes Ziel:

- Das **übergeordnete Ziel** ist die Implementierung eines digitalen Besuchermanagement-systems in den Großschutzgebieten in Nordrhein-Westfalen. Für ein solches Besuchermanagementsystem sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, die in den Kapiteln 2 und 3 beschrieben und diskutiert werden.

- Das **konkrete Gutachten-Ziel** umfasst die Bewertung der Situation in den 13 Großschutzgebieten und der Gesamtsituation im Land NRW, um eine fundierte Berechnungs- und Planungsgrundlage für das Implementierungsprojekt und die Erstellung eines oder mehrerer Projektanträge im Sommer 2021 zu erhalten. Das konkrete Ziel leitet sich aus dem übergeordneten Ziel ab und wird in Kapitel 4 des Gutachtens diskutiert.

1.2 Ablauf der Gutachtenerstellung

Das Gutachten wurde im Zeitraum Januar bis Mai 2021 erstellt. Die Startkonferenz fand online am 10. Februar 2021 statt. Im Februar und März wurden parallel Einzelgespräche mit allen Großschutzgebieten sowie Interviews mit Industrievertretern geführt.

Der Projektablauf lässt sich in fünf Modulen beschreiben. Modul M1 umfasst die Einbindung und Kommunikation mit allen beteiligten Stakeholdern. Eine Liste der beteiligten Stakeholder und aller geführten Gespräche ist im Anhang beigefügt.

Modul M2 umfasst die Erfassung und Auswertung der Erhebungen und Empfehlung technischer Lösungen. Der größte Teil dieses Dokuments beinhaltet gutachterliche Stellungsnahmen zu diesem Modulinhalt. Der Projektablaufplan (Modul M3) und die Grobkalkulation (Modul M4) sind dort als einzelne Abschnitte dargestellt. Das Kapitel 4 beinhaltet die Empfehlungen zur Machbarkeit und Umsetzung (Modul M5).

2 Überblick: Digitales Besuchermanagement

2.1 Besucherlenkung und Besuchermanagement

Besuchermanagement beschreibt alle Maßnahmen, die das Besucherverhalten beeinflussen sollen: “Visitor management seeks to influence the amount, type, timing and distribution of use as well as visitor behaviour. Actions include regulating visitor numbers, group size and length of stay, using

deterrence and enforcement, communicating with visitors and providing education." (Glasson et al., 1995, S. 270).

In der Literatur lassen sich drei große Themenbereiche zum *Visitor Management* identifizieren: Besucherstromanalysen, Effektanalysen und Fallstudien (Albrecht, 2017, S. 5). Dieses Gutachten befasst sich mit dem ersten Themenbereich, nämlich der Messung und Beeinflussung von Besucherströmen (Beeco & Brown, 2013; Coppes & Braunisch, 2013). „Besuchermanagement" im Sinne dieses Gutachtens beschreibt also Maßnahmen zur Besucherbeeinflussung, mit dem primären Ziel, zeitliche und räumliche Überlastungen in einer Destination zu vermeiden. Destinationen können aus Nachfragesicht als geographische Räume, die der Gast als Ziel wählt (Bieger & Beritelli, 2013), oder aus Angebotssicht als „places that attract visitors" (Pearce, 2017) verstanden werden.

Der Begriff „Besucherlenkung" wird zuweilen in ganz ähnlichem Sinne wie „Besuchermanagement" verstanden: „Die Besucherlenkung umfasst Maßnahmen zur Beeinflussung von Besucher/innen hinsichtlich ihrer räumlichen, zeitlichen und quantitativen Verteilung sowie ihrer Verhaltensweisen mit dem Ziel, negative Auswirkungen auf die Schutzobjekte und das Besuchserlebnis zu minimieren oder zu beseitigen." (Arnberger, 2015, S. 281).

Aus der Perspektive dieses Gutachtens gibt es aber durchaus einen qualitativen Unterschied zwischen „Besuchermanagement" und „Besucherlenkung". *Besucherlenkung* kann verstanden werden als das Dirigieren von Besuchern durch Verhaltensanweisung oder Wegeführung mit der Aussicht, dass dieser Maßnahme in der Regel auch Folge geleistet wird (z. B. die Sperrung eines Wanderweges, die Einrichtung von Zäunen oder Zonen mit Betretungsverbot oder die Ausweisung von Einbahnwegen, vgl. Abbildung 1). Dies wird zuweilen auch als „harte" oder „direkte" Besucherlenkung bezeichnet (Arnberger, 2013, S. 22). Tatsächlich findet sich in bisherigen Beiträgen zur Besucherlenkung eine primär auf Maßnahmen *in der Destination* bezogene Lenkungs-Perspektive. Diese Maßnahmen können sowohl Angebotsveränderungen als auch analoge und digitale Kommunikationsmaßnahmen beinhalten (Albrecht, 2014; Magut, 2019; Spittler, 2019; Tan & Law, 2015).

Besuchermanagement wäre demgegenüber umfassender zu verstehen und würde auch weniger dirigierende und stärker informierende Maßnahmen beinhalten, z. B. die Information, dass am kommenden Wochenende am Wanderparkplatz X mit hoher bzw. niedriger Auslastung zu rechnen ist. Besuchermanagement kann außerdem zeitlich über die Situation in der Destination hinausgehen und die in der Customer Journey vorgelagerte *Auswahl der Destination* und die dabei zum Besuchermanagement notwendigen Kommunikations- und Informationsmaßnahmen beinhalten. Deshalb wird in diesem Gutachten vorzugsweise der Begriff „Besuchermanagement" statt „Besucherlenkung" verwendet. Der Fokus dieses Gutachtens liegt außerdem auf *digitalem* Besuchermanagement: Es sollen vor allem *digitale* Möglichkeiten zur Datensammlung, -aufbereitung und Beeinflussung des Benutzerverhaltens untersucht und dargestellt werden. Damit ordnet sich das Gutachten in die Diskussion um *Smart Tourism* und *Smart Destinations* ein: „In tourism, the application of smartness principles is primarily aimed at enhancing the tourist experience

through state-of-the-art technologies and big data exploitation in order to facilitate stakeholder value co-creation across the smart service ecosystem“ (Femenia-Serra & Neuhofer, 2018, S. 130).

Abbildung 1: Besucherlenkung in der Landschaft: Weg nicht verlassen und Barrieren nicht überschreiten

Bildquelle: Clivaz et al., 2013b, S. 18 (Ausschnitt)

Abbildung 2: Digitales Besuchermanagement: Vor dem Trip sehen, wo noch Platz ist

Bildquelle: Ausflugsticker Bayern 2.0 (https://www.ausflugsticker.bayern/), 26.4.2021, 10.30 Uhr

2.2 Zielgruppen und Nutzungsdruck

Beim Besuchermanagement sind verschiedene Zielgruppen zu unterscheiden, die recht unterschiedliche Bedürfnisse aufweisen können. Arnberger (2013, S. 17) beschreibt etwa die lokale Bevölkerung mit hoher Ortskenntnis als eher lenkungsresistent, Naherholer mit mittlerer Ortskenntnis als bedingt lenkungsresistent und Urlauber mit geringer Ortskenntnis als leicht lenkbar. Ob diese Einschätzung vor allem für Besucherlenkungsmaßnahmen in der Destination oder für das Besuchermanagement bei der Auswahl der Destination gilt, ist nicht geklärt.

Touristischer Nutzungsdruck kann prinzipiell an allen Punkten im Raum entstehen. Von besonderer Relevanz sind aber mobilitätsbedingte Probleme, die entstehen, wenn unnötiger Verkehr generiert wird, weil das gewünschte Ziel so voll ist, dass nach Zielerreichung noch eine Alternative angesteuert werden muss. Dadurch entsteht ein mobilitätsbedingter Druck auf die Bevölkerung in den Destinationen (Lärm, Abgase, Stau). Bisherige Untersuchungen zur Tourismusakzeptanz (Eisenstein & Schmücker, 2021) haben deutlich gezeigt, dass es gerade diese mobilitätsbedingten Faktoren sind, die von der lokalen Bevölkerung kritisiert werden und die deshalb zu einem Rückgang der Tourismusakzeptanz führen. Zugleich werden Einkommenschancen in den weniger stark nachgefragten Destinationen vergeben (Ausgleichseffekt). Eine homogenere Verteilung von touristischen Besucherströmen nutzt also sowohl Räumen mit zu hohen Besucherfrequenzen als auch solchen mit zu niedrigen Besucherfrequenzen.

Digitale Besuchermanagementsysteme können dazu beitragen, Nutzungsdruck zu erfassen, zu verteilen und Übernutzung zu vermeiden (Kebete & Wondirad, 2019, S. 84; Northcote, 2020). Diese Funktionen können insbesondere in sensiblen Naturräumen wie Naturparks und Nationalparks relevant (Ferreira & Harmse, 2014; Forst et al., 2019) sein. Digitale Besuchermanagementsysteme können helfen, nachhaltige Mobilität im touristischen Kontext und damit insgesamt eine nachhaltige touristische Entwicklung zu fördern (Albrecht, 2017; Bushell & Eagles, 2006; Eagles et al., 2007; Garrod et al., 2006; Mason, 2005).

2.3 Effektives Besuchermanagement

Um Wirkung entfalten zu können, benötigt ein digitales Besuchermanagement zum einen verlässliche, möglichst kontinuierliche Frequenzdaten auf der Eingangsseite und eine möglichst große Zahl an benutzerfreundlichen Informationskanälen auf der Ausgangsseite.

Auf der Eingangsseite können prinzipiell zwei Arten von Daten genutzt werden: Zähldaten und Profildaten (Shoval & Ahas, 2016). Zähldaten sind Daten, die einen Messpunkt beschreiben (z. B. die Zahl der Durchgänge in einem Zeitraum), während Profildaten („tracking“) eine Person beschreiben (z. B. deren Weg durch einen Naturpark). Zähldaten sind aus technischer und organisatorischer (Datenschutz) Sicht deutlich einfacher zu generieren als Profildaten. Unabhängig von der Art der Eingangsdaten (Zähldaten, Trackingdaten) ist „ein Besuchermonitoring […] als

Grundlage für eine erfolgreiche Besucherlenkung zwingend erforderlich“ (Arnberger, 2015, S. 285; vgl. auch Clivaz et al., 2013b).

Auf der Ausgangsseite wird die Kommunikation zu den Besucherinnen und Besuchern initiiert (Clivaz et al., 2013a). Hier ist aus heutiger Sicht eine offene und zentrale Datenhaltung zu bevorzugen. Eine zentrale Datenhaltung möglichst vieler Frequenzinformationen in einem frei zugänglichen Format vergrößert die Chance, dass potenzielle Nutzerinnen und Nutzer die Information in den von ihnen genutzten digitalen Medien wahrnehmen können, da die Möglichkeit besteht, die Daten dezentral in unterschiedlichen Anwendungen auszuspielen. Die Beschränkung auf wenige proprietäre Ausgangswege führt hingegen zu einer unzureichenden Verbreitung der Auslastungsinformationen und sollte deshalb vermieden werden.

Die Messung von Eingangsdaten und deren offene Verfügbarkeit einerseits und die reichweitenstarke Gestaltung von Kommunikationskanälen andererseits sind die Grundvoraussetzungen für ein funktionierendes Besuchermanagementsystems. Weitere Bausteine sind geeignet, die Effektivität des Gesamtsystems zu erhöhen und sollten deshalb von vornherein mitgedacht werden: Die Generierung von spezifischen Alternativen kann helfen, gezielt schwach ausgelastete Punkte vom Überlauf der Hotspots partizipieren zu lassen. Und die Modellierung von Frequenzdaten unter Berücksichtigung von Umgebungsvariablen (bspw. Wetter, Events etc.) schließlich erlaubt es, Auslastungsinformationen bereits so frühzeitig bereitzustellen, dass Reise- und Ausflugsplanungen korrigiert werden können, bevor die Reise überhaupt angetreten wird (Nicolau, 2017; Song & Liu, 2017). Beide Funktionen, spezifische Alternativengenerierung und Modellierung & Prognose, können in einem Modul zusammengefasst werden, das konkrete Empfehlungen gibt. Solche Module werden in der Literatur als „Recommender“ diskutiert. Versuche zur Implementierung gibt es bereits seit mehreren Jahren, aber die bekannten Systeme sind über das Pilotstadium nicht hinausgekommen (Massimo & Ricci, 2020; Ricci et al., 2015; Roy et al., 2016; Schlick, 2016; Trattner et al., 2018; X. Zheng et al., 2018).

2.4 Grenzen eines Besuchermanagementsystems

Ein auf Informationen basierendes Besuchermanagementsystem hat viele Chancen, aber auch klare Grenzen. Dazu gehört in erster Linie die *Informationsresistenz* der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer: Allein die Verfügbarkeit einer Information führt nicht automatisch zu einer Verhaltensanpassung. Beispiele aus dem Corona-Winter 2020/21 gerade in den nordrhein-westfälischen Naturräumen zeigen das deutlich: Obwohl in Funk, Fernsehen und online praktisch unüberhörbar von Fahrten in stark betroffene Gebiete abgeraten wurde, mussten zeitweilig harte Sperrungen vorgenommen werden. Mit Rückblick auf ältere Literatur verweist Arnberger (2013, S. 26) auf rund 10 % lenkungsresistente Besucher, wobei Besucher in größeren Gruppen, Stammgäste bzw. die lokale Bevölkerung mehr Überzeugungsarbeit benötigen.

2.5 Corona-Pandemie

Das Themenfeld Besuchermanagement hat durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie verstärkte Aufmerksamkeit erhalten, wurde auf Kongressen diskutiert (Schmücker, 2021a, 2021b) und in Handlungsleitfäden umgesetzt (Deutscher Tourismusverband e.V [DTV], 2021)[1].

Gleichwohl ist Besuchermanagement kein „Corona-Phänomen“. Es ist lediglich festzustellen, dass die Corona-Pandemie die Notwendigkeit eines effektiven Besuchermanagements noch einmal deutlich hervorgehoben hat (Schmücker & Reif, 2021).

2.6 Integration in bestehende Digitalisierungsmaßnahmen

Mit den auch Corona-bedingten Zunahmen von digitalen Besuchermanagementmaßnahmen ist deutlich geworden, dass solche Systeme nicht isoliert betrachtet werden können. Es reicht eben nicht aus, einige Sensoren zu verbauen und die dort generierten Informationen auf einem Dashboard oder auf der eigenen Website darzustellen. Vielmehr sind integrierte Deployment-Konzepte gefragt, und die Integration dieser Maßnahmen in die digitalen Betätigungsfelder einer Destination ist eine der wesentlichen Aufgaben zur Gestaltung eines effektiven Besuchermanagements im Kontext einer „Smart Destination“. Das Ziel ist ein aufeinander abgestimmtes System, das auch den Kontext, indem die Daten erhoben, analysiert und ausgegeben werden, berücksichtigt.

[1] Ein Leitfaden des Mountainbike Tourismusforums ist zwar seit Längerem angekündigt, aber bislang nicht veröffentlicht.

2.7 Anforderungen an ein digitales Besuchermanagementsystem

Ein zeitgemäßes digitales Besuchermanagementsystem sollte nach Auffassung des Gutachters (Schmücker, 2021a, 2021b; Schmücker & Reif, 2021) auf folgenden Grundlagen basieren:

a) Digitales dynamisches System, das von aktuellen und potenziellen Gästen und Einheimischen unterwegs und zu Hause genutzt werden kann.

b) Nutzung von öffentlichen, freien Datenhubs zur Integration verschiedener Sensoren und Datenquellen.

c) Verwendung von Datenmodellen und KI-Algorithmen für verschiedene Anwendungsfälle zur Analyse der erfassten Daten und zur Erstellung von Prognosen als Basis für die Besucherlenkung.

d) Diskriminierungsfreie (möglichst lizenzoffene) Bereitstellung der Daten und Prognoseergebnisse für eine möglichst große Weiternutzung auf Anbieterseite und damit Erzielung einer hohen Reichweite bei Einwohnerinnen und Einwohnern sowie Besucherinnen und Besuchern.

e) Möglichst Nutzung von Nudging-Mechanismen mit Bereitstellung von Alternativen statt reiner Information oder Restriktionen durch Verbote und Sperrungen.

f) Aktive Integration von Deployment-Kanälen zur Erzielung möglichst hoher Reichweite.

3 Gestaltungsoptionen

In diesem Kapitel werden verschiedene Gestaltungsoptionen entlang der Prozesskette beschrieben:

- **„Messung“** beschreibt die Optionen für die Datenerhebung, unterteilt in lokale Sensorik, globale Sensorik, Transaktionsdaten und Daten aus Websiteprotokollen und Social Media.
- **„Datenhub und Datenmanagement“** beschreibt die Optionen zur Datenhaltung und die notwendigen Schnittstellen.
- **„Modellierung und Prognostik“** beschreibt die Optionen zur Ableitung von Regeln zur Vorhersage von Nachfrageströmen inklusive der notwendigen Sekundärdaten.
- **„Alternativengenerierung“** beschreibt die Optionen zu Verweis auf Alternativen zum eigentlich gewollten Trip.
- **„Deployment“** beschreibt die Medien und Maßnahmen zur Verteilung der im System vorhandenen Informationen.

Abbildung 3 stellt die Teilprozesse im Überblick dar. Die dunkelgrün dargestellten Schritte sind die Minimalbausteine für ein funktionierendes Gesamtsystem, während die hellgrün dargestellten Komponenten auch später oder funktional separat realisiert werden können.

Abbildung 3: Teilprozesse des digitalen Besuchermanagements

Quelle: Eigener Entwurf

Insbesondere für den Baustein „Modellierung und Prognostik“ sind zunächst historische Eingangsdaten erforderlich, um eine Grundlage für die Modellierung zu erhalten. Es ist davon auszugehen, dass Daten für mindestens ein Jahr im annähernden Normalbetrieb (also ohne ausgeprägte Corona-Effekte) vorliegen müssen.

3.1 Messung und Sensorik

Datenquellen für die digitale Besuchermessung lassen sich in vier Kategorien unterteilen:

- **Lokale Sensorik** ist an einen physischen Standort gebunden. Es werden Daten aus kontinuierlich betriebenen Durchgangs- oder Flächenzählern analysiert.

- **Globale Sensorik** ist nicht an einen Standort gebunden. Es wird ein relevanter Ausschnitt eines größeren Datensets analysiert.

- **Transaktionsdaten** fallen an einem physischen oder virtuellen Standort an. Analysiert werden Daten aus Transaktionen wie Verkäufe, Reservierungen oder Geldbewegungen.

- **Weitere Online-Daten** beziehen sich auf die Nutzung von Websites, mobilen Apps oder Social-Media-Kanälen. Analysiert werden Zugriffs- oder andere Nutzungsdaten.

Daten aus lokaler Sensorik zeichnen sich durch recht hohe Genauigkeit und in der Regel eine Vollerhebung (abgesehen von technischen Pannen) bei eingeschränkter Reichweite aus. In der Regel sind nur Zähldaten, aber keine Bewegungsdaten verfügbar. Die gleichen Parameter gelten für Transaktionsdaten; auch sie sind in ihrem Beschreibungsbereich vollständig und genau, haben aber eine eingeschränkte Reichweite.

Daten aus globaler Sensorik hingegen haben eine hohe Reichweite und neben Zähldaten sind auch Bewegungsdaten verfügbar. Diese Daten basieren aber regelmäßig auf Stichproben, weshalb Genauigkeit, Abdeckung und zeit-räumliche Auflösung eingeschränkt sein können.

Weitere Online-Daten sind im eigentlichen Sinn keine Besuchermessinstrumente, da sie nicht die tatsächliche Nutzung, sondern nur die in der Regel vorgelagerte Informationsphase abdecken. Sie werden daher lediglich als Proxy (Näherung) für die tatsächliche Nutzung verwendet und spielen deshalb in diesem Projekt keine weitere Rolle. Ähnliches gilt für die Abrufzahlen von gelegentlich in der Landschaft vorhandenen Online-Informationspunkten (z. B. QR-Codes mit Erläuterungen) – sie sind nur Näherungswerte der tatsächlichen Nutzung, weil unbekannt ist, welcher Anteil der Nutzenden diese Angebote wahrnimmt. Die gleiche Einschränkung gilt für Social-Media-Nutzungen während des Aufenthaltes, etwa Foto-Uploads eines bestimmten Motives.

Wegen der spezifischen Stärken der jeweiligen Messkategorien werden in diesem Gutachten Daten aus lokaler Sensorik und, wenn vorhanden, Transaktionsdaten für die tatsächlichen Nutzungsmessungen vorgeschlagen, während Daten aus globaler Sensorik vor allem für die Modellierung und den Aufbau von Herkunfts-Ziel-Tabellen (Origin-Destination-Matrizen; OD-Matrizen) vorgeschlagen werden.

3.1.1 Lokale Sensorik

Lokale Sensorik lässt sich mit verschiedenen Parametern beschreiben:

- Technik/Funktionsprinzip: Wifi-Signalzähler, Lichtsensoren, Lasersensoren, Infrarotsensoren, Drucksensoren, Magnetsensoren, Radarsensoren, optische Kameras und Videosensoren
- Typ: Flächensensoren und Durchgangszähler
- Installation: Überkopf, im Boden, an der Seite
- Richtungserkennung: Mit und ohne
- Stromversorgung: Batterie, Solar, Wechselstrom
- Datenübertragung: Lokale Speicherung, per Bluetooth, per LAN/WLAN, per GSM/LTE/5G, per LoRaWan
- Datenschutzrechtliche Einordnung: Speicherung und Verarbeitung personenbezogener Daten

Zur Kategorie *Stromversorgung* lässt sich festhalten, dass für praktisch alle Geräte idealerweise ein Stromanschluss (z. B. 230 V) zur Verfügung stehen sollte, die Funktionsfähigkeit nach Angaben verschiedener Hersteller aber auch autark durch Solarpanel und Akkupufferung sichergestellt werden kann. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für eine solche autarke Lösung für einen Kamerasensor[2]. Der autarke Betrieb kann grundsätzlich auch für andere Sensortypen realisiert werden.

Für einige Sensortypen (etwa passive Infrarotsensoren und Induktionsschleifen für die Fahrzeugzählung) sind Lösungen mit Batteriespeisung bereits am Markt erhältlich und etabliert. Für andere Sensortypen (z. B. Laserdurchgangsscanner für die Fahrzeugzählung) dürfte die Realisierung keine größeren technischen Probleme verursachen, allerdings hat keiner der von uns befragten Hersteller derzeit eine solche Lösung konkret im Angebot. Es ist aber aus gutachterlicher Sicht fest davon auszugehen, dass bei entsprechender Nachfrage in einer relevanten Größenordnung (wie in

[2] Würde man als Akkupuffer einen handelsüblichen 60 Ah-12 V-Autoakku benutzen, ergibt sich eine Energieabgabe von 720 Wh. Läuft die Kamera pro Tag für eine Stunde mit 6 W und 23 Stunden mit 0,36 W = 15 Wh, ergibt sich eine Leistungsaufnahme von 21 Wh pro Tag, der Akku hält dann ungefähr 48 Tage, wenn keine Solarunterstützung erfolgt. In der Praxis müsste man also einmal im Monat den Akku tauschen bzw. aufladen. Wenn das Solarpanel in einer Stunde maximal 30 Wh Energie erzeugt, würde im Mittel eine Sonnenstunde pro Tag ausreichen, um die 21 Wh Energieverbrauch zu generieren. Durchschnittliche Sonnenscheindauern liegen in Deutschland bei 1,5 bis 8,5 Stunden pro Tag, das System sollte also völlig autark funktionieren.

diesem Gutachten festgestellt) eine ausreichende Anzahl von Anbietern solche Lösungen realisieren können.

Abbildung 4:Strommanagement am Beispiel einer Kamera mit Akkupufferung & Solarstromversorgung

Überwachungskamera GSM mit Akku & Solar

Max. Auflösung: 2560 x 1920 pixel
Schutzart: IP 66
Leistungsabgabe Solarpanel: 18 V DC, max 1.67 A
Energieverbrauch: max 6 W / 12 V DC, im
Energiesparmodus: 0,24-0,36 W
Über Webinterface konfigurierbar
Datenübermittlung GSM. SIM wird benötigt.
Montagematerial für runde Befestigungen ist
nicht enthalten. Bestellung siehe Zubehör.
Bildaufnahmeintervall > 30 min.
Externes Ladegerät für Akkus enthalten.

Quelle: Hectronic GmbH, Bonndorf

Für die *Übermittlung der Daten* aus den Sensoren werden verschiedene Lösungen angeboten. Bei Wegezählern des Anbieters Eco Counter ist es zum Beispiel möglich, die Daten aus dem lokalen Speicher über eine Bluetooth-Schnittstelle auszulesen. Dazu muss der Sensor aber physisch aufgesucht werden, eine Fernabfrage funktioniert wegen der geringen Reichweiten von Bluetooth-Sendern (in der höchsten Klasse 3 mit 100 mW Sendeleistung bis ca. 100 Meter) nicht. Am anderen Ende des Spektrums steht die Anbindung an bestehende Breitbandnetze durch kabelgebundene (LAN) oder drahtlose (WLAN) Datenübertragung. Diese Möglichkeiten sind im städtischen Raum häufig, in der Naturlandschaft aber eher selten gegeben.

In den meisten Fällen kann eine Datenübertragung über Mobilfunknetze erfolgen. Je nach Netzinfrastruktur und Entfernung zur Basisstation sind Übertragungsraten bis zu 250 kBit/s (2G GPRS/EDGE), 42 MBit/s (3G/HSPA+) oder sogar 400 MBit/s (4G/LTE+) erreichbar, mit 5G-Infrastruktur sogar bis zu 10 GBit/s, allerdings bei deutlich geringerer Reichweite (Sauter, 2018). Damit liegen 4G- und 5G-Netze fast gleichauf mit oder sogar über gängigen Datenraten in lokalen drahtlosen Netzen (WLAN, IEEE 802.11n im 2,4 GHz-Band bis zu 600 MBit/s, IEEE 802.11ac im 5 GHz-Band bis zu 6,9 GBit/s, Sauter, 2018). Für die hier zur Anwendung kommenden Sensoren reichen aber relativ schmalbandige Anbindungen in der Regel aus, da regelmäßig nur Zähldaten und keine Bilder o. ä. übertragen werden müssen[3]. Die Kosten für eine Mobilfunkanbindung variieren

[3] „Um den steigenden Bedarfen nach mobilen Breitbandanbindungen nachzukommen, rüsten die Mobilfunkbetreiber ihre Netze auf neue Technologien um. Die Abschaltung von 3G (UMTS) erfolgt zur Erweiterung der 4G-Versorgung und zum Ausbau der 5G-Netze. Die Versorgung mit Sprachdiensten und rudimentären Datendiensten wird weiterhin mit dem 2G-Netz möglich sein. Sollten Sie ein Mobilfunkgerät besitzen, welches maximal 3G unterstützt, empfiehlt sich der Wechsel auf ein 4G fähiges Mobilfunkgerät, um auch höherwertige Sprach- und Datendienste nutzen zu können. Die Bundesnetzagentur hat daher die Mobilfunknetzbetreiber aufgefordert, ihre Kunden bei einer Migration auf innovative, leistungsfähigere Dienste frühzeitig zu informieren, damit ein Umstieg bzw. eine Umrüstung

und werden, je nach Anbieter, mit ca. 10 Euro pro Sensor und Monat angegeben, können aber auch deutlich darunter liegen.

Je nach Netzauslastung kann es sinnvoll sein, die Mobilfunk-Schnittstellen mit mehreren Netzwerken zu verbinden (*DualSIM*). So wird etwa aus den Seebädern in Schleswig-Holstein berichtet, dass an hochfrequenten Tagen die Netzauslastung so hoch ist, dass ein zweiter Netzwerkzugang per Mobilfunk notwendig wird.

Die Mobilfunkabdeckung in Deutschland wird von der Bundesnetzagentur regelmäßig einem Monitoring unterzogen, die aktuellsten Daten sind vom Oktober 2020 (Abbildung 5). Für die Abdeckungsanalyse sind Daten für ganz Deutschland im 100 × 100 m-Raster vorhanden. Diese Daten werden später bei der Detailanalyse der vorgeschlagenen Messpunkte verwendet.

Abbildung 5: Mobilfunk-Monitoring der Bundesnetzagentur, NRW (links), südl. Sauerland (rechts)

Bildquelle: https://www.breitband-monitor.de/mobilfunkmonitoring/karte (Ausschnitt), 26.4.2021

Steht kein Mobilfunknetz zur Verfügung, kann mit Richtfunk gearbeitet oder ein eigenes WAN (*Wide Area Network*) etabliert werden. Die Realisierung von eigenen WAN mit Gateways, die speziell auf *IoT Devices* (*Smart Sensors*) ausgelegt sind, ist eine recht neue Entwicklung. Die so entstehenden sternförmigen Netzwerke werden als LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) oder LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) bezeichnet, weil sie hohe Reichweiten (bis zu 40 km) mit geringem Stromverbrauch (fünf- bis zehnjährige Lebensdauer einer Batterie) kombinieren. Neben LoRaWAN sind auch andere Protokolle (z. B. LTE-M oder NB-IoT) der Kategorie LPWAN zuzuordnen (Yegin et al., 2020). Gateway und dahinterliegenden Server-Komponenten benötigen

auf andere Techniken reibungslos erfolgen kann.“ (Bundesnetzagentur, Mobilfunk-Monitoring, Fragen und Antworten, https://www.breitband-monitor.de/mobilfunkmonitoring/fragen-und-antworten, 29.4.2021)

Strom- und Breitbanddatenanschluss, die Devices hingegen sind weitgehend autonom (Abbildung 6).

Abbildung 6: LoRaWAN-Architektur und -Protokolle

Quelle: Yegin et al., 2020, S. 39

Für die weitere Analyse sind in Tabelle 1 die Standorte eines Smart Sensors in drei Klassen zusammengefasst: Kategorie 1 bietet die beste Infrastrukturausstattung, nämlich Zugang zum Stromnetz und zu einem LAN/WLAN-basierten Breitbandnetz. An diesen Standorten können Sensoren mit hohem Stromverbrauch und hoher Datenrate eingesetzt werden, zum Beispiel bildverarbeitende Sensoren (stromintensive Verarbeitung im Endgerät, Edge-Computing) oder bildübertragende Sensoren (bandbreitenintensive Übermittlung von Bildern und Auswertung auf dem Server, Cloud-Computing). Ob hier ein Zugang zum Mobilfunknetz besteht, ist irrelevant, weil eine Breitbrandverbindung besteht.

Kategorie 2 hat zwar Zugang zur Stromversorgung, aber nicht zu einem lokalen Breitbandnetz. Hier kann die Datenübertragung per Mobilfunknetz erfolgen.

Kategorie 3 hat weder Zugang zu Stromversorgung noch zu einem LAN/WLAN-basierten Breitbandnetz, aber zu mindestens einem Mobilfunknetz mit dem Datenstandard 3G. An diesen Standorten müssen Sensoren eingesetzt werden, die im Hinblick auf die Stromversorgung autark funktionieren und ihre Daten per Mobilfunk übermitteln.

Die Kategorie 4 schließlich hat nicht einmal Zugang zum Mobilfunknetz. Hier können nur Sensoren eingesetzt werden, die im Hinblick auf die Stromversorgung autark und bei denen die Datenübertragung entweder durch lokales Auslesen des Speichers oder durch Nutzung von LoRaWan-Netzen oder Richtfunk sichergestellt werden kann.

Tabelle 1: Standort-Kategorien für die Ausstattung mit Smart Sensors

	230 V-Stromversorgung	Zugang zu LAN/WLAN-Breitbandnetz	Zugang zu Mobilfunknetzen (min. 2G/EDGE)
Kategorie 1: Standorte mit sehr guter Infrastrukturausstattung	Ja	Ja	-
Kategorie 2: Standorte mit guter Infrastrukturausstattung	Ja	Nein	Ja
Kategorie 3: Standorte mit schlechter Infrastrukturausstattung	Nein	Nein	Ja
Kategorie 4: Standorte ohne Infrastruktur-ausstattung	Nein	Nein	Nein

Quelle: Eigener Entwurf

Die folgenden Abschnitte sind nach der Kategorie Technik/Funktionsprinzip gegliedert. Die technischen Ausführungen von Sensoren sind ausgesprochen vielfältig[4]. Für die Zwecke dieses Gutachtens wird daher nur eine Auswahl nach im Markt befindlichen Sensorsystemen für die Fahrzeug- und Personenzählung diskutiert. Dabei werden nur sogenannten *Smart Sensors*, die einen physikalischen Messwert in digitale elektrische Signale umwandeln und für die digitale Weiterverarbeitung bereitstellen, berücksichtigt. Diese Sensoren werden zuweilen auch als *IoT Devices* (Geräte für das Internet der Dinge) bezeichnet (Cicirelli et al., 2019; Farsi et al., 2020; Fortino & Trunfio; Salam, 2020).

Wifi-/Bluetooth-Signalzähler

Wifi-Signalzähler erfassen die in einem definierten Umkreis befindlichen Endgeräte, deren Wifi- oder Bluetooth-Signal eingeschaltet ist (Flächensensor). Zur Deduplizierung wird die (ggf. randomisierte) MAC-Adresse des Endgerätes kurzzeitig (< 1 Minute) gespeichert, aber nicht ausgegeben. Der Sensor liefert lediglich Zählungen von eingeschalteten Endgeräten (nicht Personen) in definierten Intervallen ohne Richtungsinformation.

Die Wifi-Signalzähler sind sehr kostengünstig (Hardware weniger als 100 Euro) und benötigen eine externe Stromversorgung, die Datenübertragung erfolgt per LAN/WLAN. Neuere Geräte mit integrierter Stromversorgung und Übertragung per GSM sollen demnächst auf den Markt kommen (Strombedarf ca. 0,5 W)

[4] in der Literatur werden annähernd 20 verschiedene Klassen von Sensoren mit jeweils zahlreichen technischen Umsetzungen beschrieben, vgl. Schiessle (2016)

Die datenschutzrechtliche Zulässigkeit dieser Geräte wird derzeit in mehreren Bundesländern unterschiedlich diskutiert.

Abbildung 7: Wifi-Zählgerät

Bildquelle: neusta destination solutions GmbH, München, https://www.neusta-ds.de/blog/destination-one/besucherstromlenkung-in-echtzeit/, 6.4.2021

Licht-/Laserschranken

Lichtsensoren werden verbreitet in Licht- oder Laserschranken eingesetzt. Diese Systeme reagieren auf die Unterbrechung eines Lichtstrahls beim Passieren der Licht-/Laserschranke und generieren damit einen Zählimpuls (Durchgangszähler). Eine Richtungserkennung ist bei doppelter Ausführung möglich. Bei Lichtschranken sind je Richtung zwei Installationen erforderlich (Lichtseite, Sensorseite). Vorteile der Licht-/Laserschranke sind die geringen Kosten und, im Vergleich zu Durchgangsscannern und LiDAR-Sensoren, der Verzicht auf eine baulich aufwändigere Überkopfanbringung.

Datenschutzrechtlich sind diese Geräte unproblematisch, weil keine personenbezogenen Daten erhoben werden.

Laserdurchgangsscanner

Laserscanner verwenden Laserstrahlen, die eine definierte Fläche oder Messlinie überstreichen. Aus der Reflexion kann die Zahl und Richtung der Durchgänge bestimmt werden.

In Kombination mit einer Tiefenmessung können zum Beispiel Passanten nach Größe (Kinder, Erwachsene) unterschieden werden. Auch für Radfahrende und Kraftfahrzeuge sind solche Zählsysteme mit Laserscannern verfügbar.

Die Reichweite (maximale Breite der Messlinie) ist abhängig vom Hersteller und von der Installationshöhe. Sie beträgt üblicherweise zwei bis sechs Meter, aber auch bis zu 32 m Messbreite

(bei 20 m Installationshöhe) sind möglich. Laserscanner sind unabhängig vom Außenlicht und funktionieren auch bei Dunkelheit.

Typische Einsatzszenarien sind Innenstädte, Einkaufszentren oder Flughäfen. Das Innenstadtsystem „Hystreet“ etwa verwendet Laserscanner. Es werden eine externe Stromversorgung und ein Datenanschluss oder ein Mobilfunkmodul benötigt, aber auch von der Stromversorgung autarke Systeme sind am Markt verfügbar.

Datenschutzrechtlich sind diese Geräte unproblematisch, weil keine personenbezogenen Daten erhoben werden.

Abbildung 8: Überkopf-Laserscanner

Bildquelle: LASE PeCo Systemtechnik
https://www.lase-peco.com/loesungen/peoplecounting/outdoor

LiDAR-Sensoren

LiDAR (Light Detection and Ranging) ist ein dem Radar verwandtes Verfahren, bei dem aber nicht Radiowellen, sondern Laserstrahlen zum Einsatz kommen. Der wesentliche Vorteil von LiDAR-Sensoren ist ihre Fähigkeit, dreidimensionale Flächenaufnahmen als Punktwolke zu erstellen. Damit können verschiedene Objekte identifiziert und ihre Bewegung innerhalb des Erfassungsbereiches nachvollzogen werden, ohne dass personenbezogene Daten erfasst oder verarbeitet werden müssen. Die Sensoren sind wetter- und helligkeitsunabhängig.

Erkannt werden verschiedene Objekttypen, zum Beispiel Personen, Fahrräder oder Fahrzeuge. LiDAR-Sensoren gelten als sehr präzise, sind aber auch verhältnismäßig teuer.

Datenschutzrechtlich sind diese Geräte in der Regel unproblematisch, da die im Gerät produzierten Bilder keine personenbezogenen Daten beinhalten.

Abbildung 9: Beispiel für ein LiDAR-3D-Bild

Bildquelle: Josh Logan, USGS Pacific Coastal and Marine Science Center. Public domain. https://www.usgs.gov/media/images/lidar-image-point-cloud

Infrarotsensoren

Passive Infrarotsensoren (PIR) reagieren auf Wärmequellen, etwa von durchgehenden Passanten. Anders als bei Lichtschranken reicht für eine Durchgangszählung mit Richtungserkennung eine Doppel-Installation auf einer Seite des Weges aus. Technisch basieren die Geräte auf pyroelektrischen Sensoren, in denen Halbleiterkristalle auf Temperaturänderungen reagieren.

Passive Infrarotsensoren werden regelmäßig als Bewegungsmelder/-schalter in der Hausinstallation und im Außenbereich zur Frequenzzählung auf Wegen oder an Wasserstrecken, aber auch in Innenstädten eingesetzt. Je nach Sensorhöhe ist eine differenzierte Erfassung von Wassersporttreibenden, Fußgängern und Fußgängerinnen oder Reitenden möglich. Fehlmessungen (z. B. durch Wildtiere) können durch die Einstellung der Messhöhe reduziert werden.

Wesentliche Vorteile dieser Technik sind die kleinen Baugrößen und der geringe Energieverbrauch, ein Sensor kann mit einer Batterie mehrere Jahre lang betrieben werden. Die Datenübertragung erfolgt durch Bluetooth (dann muss die Station regelmäßig vor Ort ausgelesen werden) oder per Mobilfunk (dann aber geringere Batterielaufzeit).

Datenschutzrechtlich sind diese Geräte unproblematisch, da keine personenbezogenen Daten erhoben werden.

Passive Infrarotsensoren kommen in NRW zum Beispiel auf Wegen im Nationalpark Eifel und in mehreren Naturparken bereits zum Einsatz.

Abbildung 10: Pyrosensor in einem Holzpfosten

Bildquelle: Eco-Counter GmbH, Köln,
https://de.eco-counter.com/produits/pyro-personenzaehler/recycled-post-2/, 6.4.2021

Drucksensoren und Induktionsschleifen

Drucksensoren und Induktionsschleifen erlauben eine Durchgangszählung ohne Richtungserkennung. Soll eine Richtungserkennung durchgeführt werden, ist eine doppelte Ausführung der Sensoren erforderlich.

Drucksensoren gibt es in verschiedenen Ausführungen: als Druckplatte (*slab*), Piezosensor oder Schlauchsensor. Piezo- und Schlauchsensoren werden im Allgemeinen linienförmig gebaut und sind für die Messung des Radverkehrs gut geeignet. Für den Fußverkehr sind nur Druckplatten geeignet. Diese werden unter der Wegoberfläche angebracht und sind weitgehend unsichtbar.

Induktionsschleifen hingegen registrieren Metallmassen über einem meist im Boden verlegten Kabel. Je nach Bauart werden bei Bewegung Magnetfeldänderungen oder, in einem andern Bauprinzip, durch eine statische Metallmasse Veränderungen des Schwingkreises induziert, die ausgewertet werden können.

Datenschutzrechtlich sind diese Geräte unproblematisch, weil keine personenbezogenen Daten erhoben werden.

Abbildung 11: Plattensensor, Schlauchzähler und Piezozähler

Bildquellen: Eco-Counter GmbH (links), Metrocount/Swisstraffic (mitte, rechts), https://www.eco-compteur.com/de, 6.4.2021; https://metrocount.com/products/ridepod-bike-tube-counter, 6.4.2021; https://metrocount.com/products/ridepod-bike-pedestrian-piezo-counter, 6.4.2021

Magnet-, Ultraschall und Radareinzelplatzsensoren

Radar- und Ultraschallsensoren werten, ähnlich wie LiDAR-Sensoren, die Reflektion eines ausgesendeten Signals aus. Allerdings werden hier Radio- bzw. Ultraschallwellen verwendet. Magnetsensoren hingegen erkennen lediglich metallische Massen in der näheren Umgebung. Alle drei Sensortypen werden bei der Parkraum-Überwachung eingesetzt, indem jeder Stellplatz mit einem eigenen Sensor besetzt wird, der lediglich erkennt, ob der Stellplatz belegt ist oder nicht. Die Information wird dann per Funk an einen zentralen Hub gesendet und dort weiterverarbeitet. Es handelt sich also um Flächensensoren, aber mit sehr begrenzter Fläche (ein Stellplatz).

Datenschutzrechtlich sind diese Geräte unproblematisch, weil keine personenbezogenen Daten erhoben werden.

Abbildung 12: Radarsensor zur Parkraumüberwachung

Bildquelle: Libelium, https://www.libelium.com/iot-solutions/smart-parking/, 6.4.2021

Optische Kameras

Optische Kameras nehmen mit einer oder mehreren Linsen ein Bild der Umgebung auf. Je nach Art des Sensors werden diese Bilder zur Analyse an einen Server übermittelt („Cloud Computing“) oder bereits in der Kamera ausgewertet („Edge Computing“).

Optische Kameras mit Edge Computing nutzen eine interne Bildauswertung zur Objektzählung auf Flächen. Dazu wird das Kamerabild noch im Gerät ausgewertet (vektorisiert), so dass keine dauerhafte Speicherung von personenbezogenen Daten anfällt. Diese Art der Zählung ist bei der Parkraumüberwachung verbreitet.

Ein typischer Anwendungsfall ist die Parkraumüberwachung *im städtischen Raum*, hier ist in der Regel eine Strom- und Datenversorgung gegeben. In der Natur (z. B. auf Wanderparkplätzen) kann auch eine autarke Variante eingesetzt werden, die die Stromversorgung durch Solarpanel und Akkupufferung und die Datenübertragung durch Mobilfunk sicherstellt. Allerdings ist im Solar- und Batteriebetrieb ein längeres Aufnahme-Intervall (z. B. alle 30 Minuten statt zu jeder Minute) erforderlich, um Datenanbindung und Strommanagement nicht zu überfordern.

Vorteil der Kameraüberwachung im Vergleich zu Durchgangszählern (z. B. Lichtschranken) ist die periodische Auswertung des gesamten Flächenzustandes. Damit können etwa auch Verweildauern einzelner Parkplatzbelegungen, parkende Fahrzeuge abseits der ausgewiesenen Parkflächen oder Laufwege von Personen auf der Fläche gemessen werden.

Nachteilig kann sein, dass optische Kameras auf ausreichend Licht angewiesen sind und deshalb bei Dunkelheit oder anderen schlechten Sichtbedingungen (Nebel, Niederschlag) nicht hinreichend präzise funktionieren. Zudem können optische Hindernisse (z. B. Bewuchs) die Reichweite der Sensorik beeinträchtigen. Hersteller geben eine maximale Reichweit je optischem Sensor von ca. 100 Stellplätzen an, in der Praxis werden aber häufig nur 20 bis 40 Stellplätze erreicht, bei optischen Hindernissen auch weniger.

Datenschutzrechtlich ist der Einsatz solcher Geräte zu prüfen, da das primär aufgenommene Kamerabild durchaus personenbezogene Daten (z. B. Gesichter) enthält. Im Betrieb ist dann durch geeignete technische Verfahren sicherzustellen, dass die personenbezogenen Daten so früh wie möglich entfernt oder unkenntlich gemacht werden. Geschieht dies nicht, so ist zunächst das berechtigte Interesse der Datenerhebung und -verarbeitung nachzuweisen. Dann sind die betroffenen Nutzenden zu informieren und auf ihre Informations- und Widerspruchsrechte hinzuweisen. Aus gutachterlicher Sicht ist der anonymisierten Variante jedenfalls der Vorzug zu geben, um bei den Nutzenden nicht das Gefühl zu erzeugen, beobachtet oder überwacht zu werden.

Abbildung 13: Videobild mit Fahrzeugerkennung

Bildquelle: Hectronic GmbH , Bonndorf; https://hectronic.com/loesungen/parken/ueberwachen/hecspot/, 6.2.2021

Auch die in vielen Destinationen bereits eingesetzten Webcams können im Prinzip für solche Zählungen verwendet werden. Primäres Ziel solcher Webcams in touristischen Destinationen ist die Vermittlung eines Live-Eindruckes. Am Beispiel eines Skigebietes kann die Webcam Fragen beantworten wie: Läuft der Lift oder nicht? Wie ist das Wetter? Liegt Schnee? Wie lang ist die Warteschlange am Lift? Solche kamerabasierten Zählungen werden verschiedentlich in Skigebieten und auf Loipen, aber auch in Innenstädten und Innenräumen realisiert. Eine weitere Variante sind *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs, sog. „Drohnen“). Mit diesen können Momentaufnahmen mithilfe bildgebender Verfahren erstellt und analysiert werden.

Abbildung 14: Webcam in einem Skigebiet im Sauerland

Bildquelle: https://www.feratel.com/webcams/deutschland/winterberg-postwiese-neuastenberg.html, 11.4.2021

3.1.2 Globale Sensorik

In der Kategorie Globale Sensorik sind derzeit vor allem zwei Typen von Datenquellen unmittelbar relevant: Passive Mobilfunkdaten und Daten aus Anwendungen in mobilen Endgeräten, die Standortdaten speichern und übermitteln. Eine dritte mögliche Datenquelle, Satellitenbilder, wird thematisiert, aber nicht im Detail diskutiert.

Passive Mobilfunkdaten

Passive Mobilfunkdaten sind Daten, die von den Betreibern der Mobilfunknetze verarbeitet werden, um den technischen Betrieb sicherzustellen (Ahas et al., 2008; Reif & Schmücker, 2020). Sie heißen „passiv“, weil seitens des Endgerätes oder des Benutzers keine Aktivität (Standorterfassung, Freigabe) erforderlich ist: Sobald ein Mobilfunkendgerät eingeschaltet wird, versucht es, sich in ein Mobilfunknetz einzubuchen. Zwischen Endgerät und Netz findet während des Betriebes vielfältige Kommunikation statt, die teilweise durch die Mobilfunknetzbetreiber verarbeitet, gespeichert und analysiert wird (Sauter, 2018). Der Netzbetreiber hat damit laufende Informationen über den Standort (*Location Area* oder Funkzelle) und die Kommunikationsaktivitäten aller Endgeräte in seinem Netz. Aufgrund der in Deutschland im europäischen Vergleich recht restriktiven Datenschutzvorgaben kann nur ein Teil dieser Daten für die kommerzielle Standort- und Bewegungs-Analyse genutzt werden. Datenschutzrechtlich ist der Einsatz unproblematisch, da die Daten in Abstimmung zwischen den Betreibern und dem Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit anonymisiert werden muss. Dazu dürfen die Bewegungen eines Endgerätes nur über den Zeitraum von maximal 24 Stunden von den Mobilfunkanbietern ausgewertet werden.

In Deutschland sind derzeit drei Mobilfunknetzbetreiber aktiv (Telekom Deutschland, Vodafone, Telefónica)[5]. Von diesen bietet derzeit nur Telefónica Daten für die kommerzielle Verwertung über die Teralytics AG (CH-Zürich) an.

Passive Mobilfunkdaten sind sehr gut geeignet, um großräumige Verflechtungen abzubilden. So können etwa Mobilitätsbeziehungen zwischen Orten und Regionen mit relativ guter Zuverlässigkeit ermittelt werden. Die Daten liegen zeitlich fein granuliert vor. Die räumliche Auflösung ist allerdings an die Netzinfrastruktur gebunden, was insbesondere in Naturräumen relativ große Zellgrößen nach sich ziehen kann. In Flächen ohne Mobilfunkversorgung können gar keine Daten erhoben werden.

[5] Anteile der Teilnehmerzahlen im 3. Quartal 2020: Telekom Deutschland 32,5 %, Vodafone 37,5 %, Telefónica 29,9 %, insgesamt 147,1 Mio. Teilnehmer; Quelle: Bundesnetzagentur

Standortdaten aus mobilen Endgeräten

Praktisch jedes zeitgemäße Smartphone verfügt über einen Empfänger für das *Global Positioning System* (GPS), so dass die Geräte ihren Standort auf wenige Meter genau feststellen können. Daneben verwenden Smartphones auch umliegende Mobilfunkzellen und WLAN-Sender zur Positionsidentifizierung. Voraussetzung dafür ist immer, dass die Nutzung der Standortfunktionen im Gerät aktiviert ist (Beeco et al., 2013; Edwards & Griffin, 2013; Sugimoto et al., 2019; W. Zheng et al., 2017).

Die im Smartphone-Betriebssystem vorhandene Berechtigungs-Verwaltung regelt, welche Anwendungen (Apps) auf die Standortfunktionen zugreifen dürfen. Die Zugriffs-Berechtigungen für die Standortinformation werden bei der Installation von Apps abgefragt, bei Nichteinwilligung wird der Zugriff auf die Standortfunktionen verweigert. Daneben greift auch das Betriebssystem selbst auf die Standortfunktionen zu.

Standortdaten: Automatische Verarbeitung im Hintergrund

Wurde einer App die Nutzung der Standortfunktionen erlaubt, so können die Standortdaten lokal im Gerät verwendet oder online an einen oder mehrere Serviceprovider übermittelt werden. Für die App-Hersteller kann die Übermittlung der Standortdaten an spezialisierte Agenturen (*Geo Location Broker* wie Fysical, Safegraph, Fluxloop, Unacast, Placer, Placed/Foursquare) eine zusätzliche Einnahmequelle sein. Die Übermittlung geschieht in der Regel, ohne dass die Nutzenden dies mitbekommen. Die Broker stellen dazu Softwarebausteine (in der Regel als SDK, *Software Development Kits* bezeichnet) zur Verfügung, die von den App-Entwicklern leicht eingebaut werden können. Voraussetzung ist aber stets die Einwilligung bei der Installation (Hardy et al., 2017) . Die Broker wiederum verwerten die Daten durch Lizenzierung an weitere Unternehmen.

Vorteile solcher Daten sind die feine zeit-räumliche Auflösung und die datenschutzrechtlich unproblematische Verarbeitung (denn es liegt ja eine Zustimmung der Nutzenden vor). Nachteilig ist, dass Struktur und Volumen der Nutzenden unter Umständen unbekannt sind, was die Hochrechnung und Validitätseinschätzung schwierig machen kann.

Standortdaten: Vom Nutzer initiiertes Tracking und Upload

Eine weitere Variante sind Nutzungsdaten von Anbietern, die es ermöglichen, eigene POIs und/oder Tracks zu speichern, aktiv auf eine Plattform hochzuladen und zu teilen. Diese Apps werden zuweilen auch als „mHealth Apps“, „VGI - Volunteered Geographical Information“ (Foody et al., 2015; Hardy, 2020, 89 ff.; Heikinheimo, 2020) oder „AGI - Ambient Geospatial Information“ (Bauder & Hologa, 2020) bezeichnet.

Der Unterschied zur erstgenannten Gruppe ist, dass die Nutzenden hier für eine Übermittlung der Daten aktiv tätig werden müssen, um diese dann zum Beispiel über absolvierte Touren entweder für

sich selbst zu archivieren oder mit anderen zu teilen (wobei nicht ausgeschlossen ist, dass auch die genannten Anbieter dazu übergehen, im Hintergrund Positionsdaten auszulesen).

Anwendungen, die solche Funktionen bereitstellen, sind unter vielen anderen:

- Tourenorientiert:
    - Outdooractive/ViewRanger
    - Komoot
    - Strava
    - Bergfex
    - Apemap
    - Alpenvereinaktiv
    - MotionX GPS
    - etc.
- Sport-/Fitnessorientiert
    - Adidas Runtastic
    - Endomondo
    - Adidas miCoach
    - etc.

Vorteile dieser Daten sind die ebenfalls feine zeit-räumliche Auflösung und die für Outdooraktivitäten unmittelbar relevanten Inhalte (absolvierte Fuß-, Rad- oder andere Touren). Nachteilig können die je nach Anwendung kleine Stichprobengröße und die unter Umständen unklare oder zweifelhafte Repräsentativität der Stichproben für die Gesamtheit aller Nutzenden sein.

Satellitenbilder

Kommerziell verfügbare Satellitenbilder erreichen heute Auflösungen von bis zu 30 cm (Satellit *Worldview 3* des Anbieters Maxar, USA-Denver). Damit ist zum Beispiel eine Zählung von Fahrzeugen durch Bildauswertung denkbar[6].

Nachteilig bei der Verwendung von Satellitenbildern ist, dass die Messintervalle für ein kontinuierliches Tracking zu groß sind. Unter optimalen Bedingungen sind zwar tägliche Bilder verfügbar, in der Praxis entstehen aber größere Datenlücken, die Satellitenbilder für eine kontinuierliche Besucherstrommessung ungeeignet machen. So verzeichnet die Bilddatenbank „Image Hunter“ des kommerziellen Anbieters Appollo Mapping (USA-Boulder) für diverse Flächen in NRW Bilder im mehrtägigen Abstand, die zudem teilweise hohe Wolkenbedeckungsraten aufweisen. Die Kosten der Bilder variieren je nach Auflösung, bei bester Auflösung gibt das Statistische Bundesamt[7] die Kosten mit 25 USD pro qkm an (für einen mittleren Naturpark von 1.000 qkm Größe entspricht das 25.000 USD pro Bild).

3.1.3 Wetterdaten

Im weiteren Sinne können auch Wetterdaten der globalen Sensorik zugeordnet werden, auch wenn sie natürlich nicht Besucherströme, sondern Umgebungsvariablen abbilden. Als solche sind sie für die Modellierung relevant.

In Deutschland betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) zahlreiche Wetterstationen, die automatisiert zahlreiche Wetterparameter zur Verfügung stellen. Über das Climate Data Center des DWD sind diese Daten frei zugänglich. Zu den erfassten Wetter-Parametern gehören, je nach zeitlicher Aggregation (10-minütig, stündlich, täglich, monatlich, jährlich) Daten zu Luftdruck, Wind, Lufttemperatur, Niederschlag, Schneehöhe und Sonnenscheindauer.

[6] Mit Elefanten jedenfalls funktioniert das Verfahren, vgl. Duporge, I. et al. (2020): Using very-high-resolution satellite imagery and deep learning to detect and count African elephants in heterogeneous landscapes. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. DOI: 10.1002/rse2.195

[7] “Smart Business Cycle Statistics mit Satellitendaten”, https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/Datensaetze/satellitendaten.html, Stand 30.12.2019, abgerufen am 25.2.2021

Abbildung 15: Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes mit online verfügbaren Wetterdaten

Bildquelle: Deutscher Wetterdienst, Climate Data Center (CDC) (Ausschnitt)
https://cdc.dwd.de/portal/202102121428/mapview, 8.4.2021

3.1.4 Transaktionsdaten

Transaktionsdaten sind Daten, die bei der Abwicklung von Geschäftsprozessen (z. B. Verkauf, Vermietung, Finanztransaktionen etc.) anfallen können. Auch diese Daten sind generell geeignet, Frequenzinformationen zu generieren.

Tourismusrelevante Beispiele für solche Transaktionsdaten finden sich in Abbildung 17 in den hellgrünen Feldern. Typischerweise fallen Transaktionsdaten dann an, wenn Leistungen wie Verkauf oder Vermietung gegen Geld getätigt werden. Viele dieser Leistungen sind ohne Reservierung verfügbar (linke Spalte), aber es gibt auch viele Beispiel für Transaktionen, die typischerweise mit einer Reservierung einhergehen (rechte Spalte). Eher untypisch sind Leistungen, die zwar reserviert werden können, für die aber keine finanzielle Transaktion (Verkauf, Vermietung) anfällt. Beispiele wären der Besuch der Hamburger Elbphilharmonie (es kann gegen eine Gebühr reserviert werden, aber der Besuch selbst ist immer kostenfrei) oder eine Reservierungsliste für kostenlose Führungen.

Eine Reservierung kann helfen, knappe Ressourcen von vornherein zu begrenzen. Damit kann vermieden werden, dass Besucher anreisen, aber dann doch abgewiesen werden müssen. Gleichzeitig ist ein Reservierungsverfahren mit technischem und organisatorischem Aufwand verbunden.

Die hellgrünen Felder der Abbildung machen zugleich deutlich, in welchen Fällen eine Zutrittskontrolle erforderlich ist, um sicherzustellen, dass nur Personen, die eine Reservierung oder Zahlung getätigt haben, Einlass bekommen. Dabei fallen jeweils Transaktionsdaten an, die prinzipiell genutzt werden können. Zugleich wird deutlich, an welchen Stellen typischerweise *keine* Transaktionsdaten anfallen. Will man für diese Fälle Transaktionsdaten generieren, so ist die Installation von lokaler Sensorik im Sinne von Dauerzählstellen notwendig.

Abbildung 16: Typische Beispiele für tourismusrelevante Transaktionsdaten (hellgrün)

Typische Beispiele	Ohne Reservierung	Mit Reservierung
Ohne Verkauf	• Unbewirtschaftete Parkplätze, Rastplätze, Hütten • Pfade und Wege • Viele Pol • Besucherzentren	• Elbphilharmonie • Kostenlose Führungen
Mit Verkauf/Vermietung vor Ort oder vorab (Buchung)	• Bewirtschaftete Parkplätze • Attraktionen • Gastronomie • Öffentliche Toiletten • Strandkörbe, bewirtschaftete Strände	• Gehobene Restaurants • Unterkünfte • Gruppenführungen, Wattführungen • Hotspot-Attraktionen

Quelle: Eigener Entwurf

Selbst wenn Transaktionsdaten vorhanden sind, können sie typischerweise nicht für eine destinationsweite und öffentlich zugängliche Dateninfrastruktur genutzt werden. Handelt es sich um private Betreiber, so steht dem regelmäßig der Wunsch nach Vertraulichkeit der Geschäftsdaten gegenüber. Außerdem verursacht die Anbindung der Datenquellen (Kassensysteme etc.) Aufwand. Das gilt auch für die Daten aus Bezahlsystemen und Barabhebungen, die zudem nur indirekte Indikatoren für Besucherströme sind (bspw. bei VISA oder Mastercard).

Abhilfe könnten Destinationskartensysteme schaffen, bei denen ausgewählte Attraktionen gegen Vorlage einer (digitalen) Karte zu reduzierten Preisen oder kostenlos erfolgen kann. Allerdings sind die Beobachtungspunkte beschränkt auf die teilnehmenden Organisationen.

3.1.5 Online-Nutzungsdaten

Online-Nutzungsdaten sind Daten, die bei der Nutzung von Websites, mobilen Apps und Social-Media-Kanälen (Winsky & Zimmermann, 2020) anfallen und gezählt werden können.

Bei Websites hat in der Regel der Websitebetreiber Zugriff auf die entsprechenden Daten, entweder über das Logfile des Webservers oder durch Nutzung von externen Analyseinstrumenten wie zum

Beispiel Google Analytics. Gezählt werden die Aufrufe (*Views*), und Nutzungen von derselben IP-Adresse in einem definierten Zeitraum (*Visitors*) einzelner Unterseiten und der Website insgesamt.

Bei mobilen Apps hängt die verfügbare Information von der Gestaltung der App ab. Die Metriken reichen von der Zahl der Abrufe in den zur Distribution genutzten Plattform (z. B. Google Play, Apple App Store) bis zu Daten über die Nutzung der mobilen App, die aus der App generiert werden. Die Zugriffsmöglichkeiten auf Eigenschaften des mobilen Endgerätes werden im Abschnitt „Standortdaten aus mobilen Endgeräten“ diskutiert.

In Social-Media-Plattformen wie Facebook, Instagram oder Twitter stellen die Plattformbetreiber Metriken zur Nutzung des Kanals und einzelner Posts zur Verfügung.

Daneben können auch Daten über die Aufrufe von Suchwörtern in Internetsuchmaschinen Hinweise auf Nutzungsfrequenzen geben (z. B. über das Tool *Google Trends*).

Allen genannten Metriken ist gemeinsam, dass sie keine direkt gemessenen Frequenzdaten aus der Nutzungsphase eines Raumes in der realen Welt produzieren, sondern Zugriffsdaten aus der Informationsphase im virtuellen Raum. Diese sind lediglich indirekte Indikatoren für die potenzielle Nutzung, sie bilden bestenfalls das *Interesse* an touristischen Räumen ab, aber nicht deren *Nutzung*. Sie können daher echte Nutzungsdaten nicht vollständig ergänzen, liefern aber ggf. wertvolle zusätzliche Hinweise. Das Beispiel des Nationalparks Eifel im Vergleich der Jahre 2020 und 2019 zeigt eine auf aggregierter Ebene gute Korrelation von Websitezugriffen (+ 57 %) zu gemessenen Besucherdaten (+ 52 %). Auch die Naturparke nutzen fallweise solche Daten zur Frequenzschätzung, in der Regel aber mangels verlässlicherer Daten.

3.2 Datenhub/Datenmanagement

In diesem Abschnitt werden die Gestaltungsmöglichkeiten und Rahmenbedingungen für das Datenmanagement beschrieben.

Das derzeit bei Tourismus NRW laufende Projekt „Touristisches Datenmanagement Nordrhein-Westfalen – offen, vernetzt, digital“ ist eine der wesentlichen Rahmenbedingungen und wird daher zu Beginn dargestellt. Es folgt ein kurzer Exkurs zum Thema IoT/Smart City-Plattformen.

Danach werden einzelne Gestaltungsoptionen diskutiert:

- Dezentrale Datenhaltung
- Zentrale Datenhaltung mit Funktionstrennung
- Integrierte zentrale Datenhaltung.

Für jede der genannten Optionen werden die zentralen Charakteristika sowie Vor- und Nachteile dargestellt.

3.2.1 Bestehende Lösungen

TDM NRW

Das Projekt „Touristisches Datenmanagement Nordrhein-Westfalen – offen, vernetzt, digital“ ist ein landesweites Projekt der Tourismus NRW e.V. und sieben Projektpartnern (Abbildung 17).

Die vier Projektziele sind:

- Systematischere Vernetzung der Regionen
- Initiierung von Prozessen zum Management und zur Bewirtschaftung von Daten
- Einführung agiler Organisationsprinzipien
- Umstellung auf Sinus-Zielgruppen und korrespondierende Marktforschungsaktivitäten.

Das Projekt ist in fünf Module gegliedert (Technik & Standards, Kommunikation & Qualifizierung, Digitale Anwendungsfälle und Content-Distribution, Big Data Analysen und digitale Zielgruppenforschung, Open Data).

Elemente des Projektes sind das Cluster „Smart Destination“ und die Initiierung einer landesweiten Open-Data-Plattform („Data Hub NRW“). Im Zuge dessen beteiligt sich Tourismus NRW auch an dem deutschlandweiten Open-Data-Projekt „Open Data Germany“ unter Federführung der Deutschen Zentrale für Tourismus.

Die nordrhein-westfälische Open-Data-Plattform beinhaltet Daten zu vier, später fünf, Kategorien: PoI, Touren, Events, Gastronomie und (später) Beherbergung. Für die Datenkategorien wurden teilweise umfangreiche Kategorienbäume entwickelt. Für dieses Gutachten ist insbesondere die Kategorie PoI relevant, weil mögliche Messpunkte in der Landschaft (siehe Abschnitt 3.1.1 „Lokale Sensorik“) mit PoI des Data Hub NRW korrespondieren sollten.

Als technische Plattform wird *open.destination.one* des Anbieters neusta destination solutions GmbH (München) eingesetzt. Die Plattform ist API-fähig und unterstützt über die Schnittstelle verschiedene Datenstandards (schema.org, DACH KG, destination.one).

Mitte April umfasste der Datenbestand des Data Hubs mehr als 5.300 Sehenswürdigkeiten/PoI (davon ~ 1.600 als Open Data), mehr als 700 Gastronomiebetriebe (davon ~ 160 Open Data) und mehr als 2.800 Touren (davon ~ 380 Open Data).

Abbildung 17: Projektpartner Touristisches Datenmanagement NRW: offen, vernetzt, digital

Quelle: Tourismus NRW, https://www.touristiker-nrw.de/landestourismusstrategie/touristisches-datenmanagement/projektpartner/, abgerufen am 23.2.2021

Touristische Datenstandards

Damit Daten einfach zwischen Plattformen und Hubs ausgetauscht werden können, ist eine möglichst einheitliche Beschreibung zu verwenden. Für statische Daten werden derzeit solche Standards entwickelt. Dazu werden zunehmend Mechanismen des sogenannten „Semantic Web“ verwendet (Angele et al., 2020; Uhlmann, 2010). Diese sind gut geeignet, über das Internet verfügbare Informationen so zu beschreiben, dass Softwaresysteme auf der Empfängerseite die Informationen leicht erkennen und interpretieren können: es geht dabei also nicht mehr um die Kommunikation von Maschine zu Mensch („Web-Anwendungen“), sondern zwischen Maschinen („Web-Dienste“) (Heil, 2012, 21 ff.). Diese Kommunikation über Web-Dienste bedarf gemeinsamer Regeln und Beschreibungen, damit der Empfänger die Informationen so interpretiert, wie sie vom Absender gemeint waren. Dazu werden die Informationen „ausgezeichnet“, also mit einer Semantik versehen, die die korrekte Interpretation der Inhalte erlaubt. Ein solches semantisches System wird auch als Ontologie bezeichnet. Ein Hilfsmittel für die Erstellung und Nutzung solcher Ontologien ist die *Web Ontology Language* (OWL), ein anderes Hilfsmittel sind die Festlegungen der Initiative schema.org (Kärle et al., 2020).

Die Festlegungen der Initiative schema.org, die von Suchmaschinenbetreibern initiiert wurde, sind recht allgemein und dabei sehr umfangreich (vgl. die schema.org-Typen TouristAttraction, Event

oder TouristDestination, die unter anderem das Feld „maximumAttendeeCapacity“ beinhalten; Wallis, 2017). Deshalb werden zunehmend Ontologien für einzelne Anwendungsfelder (Domänen) entwickelt, die eine Untergruppe der schema.org-Festlegungen bilden. Eine solche Domäne ist der Tourismus. Eine Festlegung von domänenspezifischen Ontologie-Elementen („domain specifications“) liegt vor (Panasiuk et al., 2018) und wird weiterentwickelt.

Insbesondere die Initiative DACH-KG hat sich vorgenommen, das schema.org-Vokabular domänenspezifisch zu erweitern und zur Anwendung zu bringen (vgl. die *domain specifications* unter https://ds.sti2.org/). Im Rahmen des Projektes „Open Data“ hat die Deutsche Zentrale für Tourismus (DZT) mit den Landesmarketingorganisationen einen solchen Standard verabredet.

Die bisher vorliegenden domänenspezifischen Festlegungen berücksichtigen allerdings nur statische Informationen, also solche Daten, die sich nur selten ändern. Für sich schnell ändernde Daten, z. B. die Messwerte aus Sensoren, gibt es derzeit keine domänenspezifischen Festlegungen.

Die konkrete Kommunikation zwischen zwei Maschinen funktioniert in der Regel über eine Anwendungsschnittstelle (API, *Application Programming Interface*). Die API wird von einem Kommunikationspartner, meist dem Datenlieferanten, zur Verfügung gestellt und dokumentiert. Der andere Kommunikationspartner muss anhand der Dokumentation erkennen können, wo und wie Informationen abgerufen werden können und in welchem Format die Informationen bereitgestellt werden, so dass eine Weiterverarbeitung möglich ist. Das bedeutet in der Praxis, dass der Betreiber einer Datenplattform definiert, wie andere darauf zugreifen dürfen. Dazu müssen einerseits technische Aspekte dokumentiert werden, nämlich der Endpunkt, an dem Daten zur Verfügung stehen und das Datenformat. Zum anderen müssen auch organisatorische Aspekte geklärt sein, insbesondere, zu welchen Bedingungen (Kosten) wer auf welche Daten zugreifen kann und wie die Authentifizierung (z. B. über API key) erfolgt.

IoT/Smart City-Plattformen

Im Zuge der Ausgestaltung von Smart City-Initiativen sind digitale Plattformlösungen entstanden, die sich grundsätzlich auch für ein digitales Besuchermanagement im Tourismus eignen. Die Entwicklung von Smart City-Lösungen schreitet weiter voran[8]. Allerdings ist Tourismus bisher in der Regel kein prioritäres Thema in der Gestaltung von Smart City-Initiativen (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung [BBSR], 2017).

Den technischen Aufbau einer solchen Plattform am Beispiel des Open Source-Systems FIWARE zeigt Abbildung 18: Smart Devices (IoT-Sensoren und -Aktuatoren) kommunizieren mit einem IoT-

[8] vgl. auch die vom Bund (BMVI) geförderten Modellprojekte, https://www.smart-cities-made-in.de

Agent über jeweils eigene (proprietäre) Datenprotokolle. Signale vom IoT-Agent zu den Smart Devices werden als „southbound“ bezeichnet, in die andere Richtung als „northbound“ (das ist der typische Fall bei IoT-Sensoren).

Der IoT-Agent wiederum kommuniziert mit einem Context-Broker: Während der IoT-Agent die Kommunikation mit einer Klasse von Smart Devices regelt, hält der Context-Broker die Zustandsinformationen von allen verfügbaren Smart Devices fest und stellt sie für weitere Anwendungen bereit, z. B. über APIs.

Abbildung 18: Elemente des FIWARE-Plattform-Systems

Quelle: https://fiware-tutorials.readthedocs.io/en/latest/iot-agent/index.html, 2.4.2021

Routen- und Tourenplanung

Für die Betrachtung ist zu unterscheiden zwischen Routenplanung (damit ist der Weg *von und zur Destination* gemeint) und Tourenplanung (damit ist die Planung einer Rad- oder Fußtour *in der Destination* gemeint).

Die Kombination von Besucherlenkungsmaßnahmen mit digitalen Routenplanungswerkzeugen liegt nahe, wenn zum Beispiel Entfernungen zu Alternativen ermittelt (vgl. spezifische Alternativengenerierung, Abschnitt 3.4) oder umweltfreundlichere Alternativen zum MIV vorgeschlagen werden sollen.

Für Routenplanungs-Anwendungen stehen inzwischen Open Source-Systeme mit Fokus auf der Integration von ÖPNV-Leistungen zur Verfügung[9]. Daneben gibt es zahlreiche kommerzielle Produkte, von denen das Online-Produkt „Google Maps“ zu den beliebtesten gehören dürfte.

Zur Nutzung von (digitalen) Tourenplanungsprodukten gibt es umfragebasierten Studien. Bei Radreisen nutzt jeder zweite Befragte Apps unterwegs, führend ist Komoot (63 %), gefolgt von Google (59 %), regionalen Apps (14 %), Outdooractive (12 % und Apps des öffentlichen Verkehrs (10 %) (Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club [ADFC], 2021, S. 19).

Bei Wanderungen hingegen war 2018 Google Maps unangefochtener Marktführer der unterwegs genutzten Apps (81 % der Befragten), gefolgt von Wetter Apps (54 %), Apps der Region (34 %), Runtastic (15 %), Kompass Wanderkarten App (13 %) sowie Outdooractive und Komoot (jeweils 11 %) (BTE Tourismus- und Regionalberatung, 2018, S. 23).

Selbstverständlich existieren zahlreiche weitere digitale Produkte für die Routen- und Tourenplanung, die hier nicht aufgeführt sind (etwa die ADAC Trips App etc.).

3.2.2 Dezentrale Datenhaltung

Die dezentrale Datenhaltung ist derzeit das gängige Verfahren zur Abbildung von Besucherstromdaten. Die Daten werden von den Sensoren an eine dezidierte Plattform gesendet und sind dort verfügbar. Häufig wird diese Plattform von den Sensorlieferanten bereitgestellt. Ein Beispiel für eine solche Plattform ist das EcoVisio-System des Herstellers Eco Counter: Die Sensordaten eines Auftraggebers fließen dort zusammen und können über ein *Dashboard* betrachtet und exportiert werden. Wie viele Sensoren in einem Dashboard angezeigt werden, hängt von der vertraglichen Gestaltung ab.

Vorteil dieser dezentralen Lösungen ist eine meist nahtlose Integration der Sensorik in die Darstellung und Analyse.

Nachteil der dezentralen Systeme ist die eingeschränkte Kombinierbarkeit und Weiternutzbarkeit der Daten. Sollen andere Sensoren integriert werden oder sollen die Daten zum Beispiel auf einer Website ausgegeben, auf einem Bildschirm in der Tourist-Information angezeigt oder an andere Plattformen weitergegeben werden, so ist jeweils eine separate Vereinbarung über den Datenbezug zu schließen und technisch umzusetzen.

[9] z. B. OpenTripPlanner 2 (https://www.opentripplanner.org/) oder Digitransit (https://digitransit.fi/en)

Um die Daten des Funktionsbereiches Sensorik mit den Content-Daten zu verschneiden, ist eine Vielzahl von Datenübergaben jeweils einzeln zu vereinbaren und zu implementieren. Um den Funktionsbereich Recommender (Modellierung, Prognose und Alternativen-Generierung) zu implementieren, sind wiederum alle Daten individuell abzurufen und in ein gemeinsames Datenmodell zu integrieren.

3.2.3 Zentrale Datenhaltung mit Funktionstrennung

Eine zentrale Datenhaltung, die Sensordaten mehrerer Typen und Hersteller verfügbar macht, kann Insellösungen (wie bei der dezentralen Datenhaltung) vermeiden. Ob die Daten besser direkt von einzelnen Sensoren zugeliefert, oder von dezentralen Cloudsystemen der Hersteller bereitgestellt werden, ist eine Frage der Vereinheitlichung von Datenformaten.

Für ein digitales Besuchermanagementsystem sind drei funktionale Bereiche (Kategorien) der Datenhaltung zu unterscheiden:

1) Daten aus lokalen Sensoren an definierten PoI, die unmittelbar weitergenutzt werden sollen.

2) Daten aus anderen Datenquellen, die vor allem der Modellierung und Prognose dienen, zum Beispiel Daten aus globaler Sensorik und Umfeldvariablen (z. B. Wetterdaten).

3) Daten über Alternativen zu den definierten PoI.

Eine zentrale Datenhaltung trennt die Funktionsbereiche dahingehend, dass in einem „Sensor-Hub“ die Daten der ersten Kategorie vorgehalten werden, während die Daten der zweiten und dritten Kategorie in einem „Recommender“ verarbeitet werden. In einem separaten Modul werden dann die eher statischen Content-Daten bereitgehalten.

Vorteile einer derartigen Lösung sind, dass die Daten zwar einerseits zusammengeführt werden, die Funktionen aber klar getrennt sind und jeweils verschiedenen spezialisierten Betreibern zugewiesen werden können. Damit wird die unterschiedliche Periodizität der Datentypen abgebildet: Content-Daten sind am zeitstabilsten, Sensor-Daten am volatilsten. Die für das Recommender-Modul benötigten Daten werden vor allem für Modellierung, Prognose und Alternativen-Generierung verwendet. Dazu können Daten in geringerer zeitlicher Auflösung verwendet werden als bei den Sensor-Daten zu erwarten. Für einen Sensor-Hub können zudem bereits etablierte Standards und ggf. sogar OpenSource-Anwendungen aus den Ökosystemen „Internet of Things“ und „Smart Cities“ genutzt werden (z. B Fiware, siehe oben). Durch die funktionale Trennung kann außerdem eine organisatorisch und finanziell getrennte Abwicklung erfolgen, was zum Beispiel bei der Beantragung von Fördermitteln für mehr Transparenz sorgt.

Nachteil dieser Lösung ist der höhere Koordinierungs- und Schnittstellenaufwand zwischen den Modulen: Die Daten müssen reibungslos von einer funktionalen Plattform zur nächsten weiter gereicht werden können (Interoperabilität).

3.2.4 Integrierte zentrale Datenhaltung

Im Modell der vollständig integrierten zentralen Datenhaltung werden alle Daten für die Funktionsbereiche Content, Sensorik und Recommender in einer Plattform integriert.

Vorteile dieser Lösung sind die einfachere Abstimmung der Daten aufeinander und der Wegfall der automatisierten Schnittstellen zwischen verschiedenen Funktionsbereichen.

Diese Geschlossenheit kann aber zugleich ein Nachteil des Systems sein: Je fester die Sensordaten und Recommender-Ergebnisse mit der Content-Datenbank verknüpft sind, desto stärker liegen alle Module nicht nur organisatorisch, sondern auch technisch in einer Hand. Damit kann die Abhängigkeit von einzelnen Technikanbietern steigen.

3.3 Modellierung/Prognostik

Modellierung und Prognostik sind Bestandteile des Recommender-Moduls. Bei der Modellierung wird versucht, die vorhandenen Daten durch eine mathematische Funktion oder durch Algorithmen maschinellen Lernens nachzubilden und gleichzeitig zu vereinfachen. Ein sehr simples Modell ist eine lineare Einfach-Regression („Trendgerade“), mit der die „große Linien“ in einem Datensatz sichtbar gemacht werden können. Kompliziertere Modelle (Mehrfachregressionen, nicht-lineare Regressionen) oder Verfahren des maschinellen Lernens (z. B. künstliche neuronale Netze) können anstelle einer simplen Geraden auch komplexere Funktionen abbilden. Der wesentliche Unterschied zwischen Einmalanalysen und selbstlernenden Systemen liegt darin, dass Einmalanalysen (etwa Regressionsanalysen oder Entscheidungsbäume) die Modellierung einmal durchlaufen und dabei die Parameter der Messwerte der lokalen Sensorik (abhängige Variable) auf Basis der Ausprägungen der unabhängigen Variable (im einfachsten Fall der Zeit) einmalig geschätzt werden. Im Gegensatz dazu werden bei selbstlernenden Systemen (auch Systeme maschinellen Lernens oder Systemen mit künstlicher Intelligenz) die Parameter solange verändert, bis eine optimale Ausprägung erreicht ist. Dazu werden die Systeme mit vorhandenen Daten trainiert und dann die Güte anhand eines oder mehrerer Testdatensätze überprüft (z. B. durch Kreuzvalidierung). Das Ergebnis ist Grundlage der nächsten Iteration. Das System stoppt die Optimierung, wenn keine Verbesserung der Güte mehr erreicht werden kann (Witten et al., 2017).

Dabei sollen die vorhandenen Daten durch die Funktion zwar *recht gut* abgebildet werden, aber auch nicht *perfekt*: Ein gewisses Maß an Abstraktion von den vorhandenen Daten und Vermeidung von Perfektion bei der Nachbildung von Daten („Overfitting“) ist gerade bei komplexeren Modellen erwünscht und notwendig, denn die Modellierung ist kein Selbstzweck, sondern soll zur Vorhersage (Prognostik) von zukünftigen Entwicklungen dienen.

Die Güte der Modellierung (und damit der Prognostik) lässt sich in der Regel steigern, wenn mehr Daten zur Erklärung zur Verfügung stehen. In Frage kommen vor allem Daten aus der Kategorie „globale Sensorik“ (vgl. Abschnitt 3.1.2), also etwa Mobilfunk- oder App-Daten zur Ermittlung von Herkunfts-Ziel-Matrizen oder Wetterdaten, aber auch Daten über größere Veranstaltungen, die die

Nachfrage an einem Ort maßgeblich beeinflussen können, die Ferien- und Feiertagsfolge in relevanten Quellgebieten und die Erreichbarkeit (etwa durch Isochronen-Analysen).

Damit ergeben sich vier Felder der Modellierung für einen Messpunkt, die sich nach den verwendeten Daten und dem Modellierungsansatz unterscheiden (Tabelle 2).

- Stufe 1: Modellierung ausschließlich mit den Daten aus lokaler Sensorik. Die Daten haben einen Zeitstempel (aus dem der Wochentag und die Tageszeit gewonnen werden können), und es erfolgt eine Modellierung der abhängigen Variable ausschließlich aus der Zeitangabe mit Verfahren der Einmalanalyse (z. B. lineare oder nicht-lineare Regression auf die Zeit).

- Stufe 2: wie Stufe 1, aber mit Verfahren des maschinellen Lernens. Da eine Stärke des maschinellen Lernens darin liegt, die Relevanz von Einflussfaktoren im Prozess zu bewerten, ist eine Analyse der Stufe 2 zwar technisch möglich, aber nicht sinnvoll.

- Stufe 3: Zusätzlich zu den Daten aus lokaler Sensorik werden Umgebungsdaten in die Modellierung einbezogen. Die Modellierung selbst erfolgt als Einmalanalyse, etwa durch lineare Regression oder durch Anwendung von Klassifizierern.

- Stufe 4: Die Kombination aus selbstlernenden Algorithmen und der Einbeziehung von Umgebungsvariablen verspricht effektive Ergebnisse, weil die Bewertung der Einflussvariablen (welche der Einflussvariablen prägen das Ergebnis?) im Prozess der Kreuzvalidierung stattfinden kann.

Die Stufen 3 und 4 sind hier vereinfacht, die konkreten Anwendungen können sich erheblich nach Zahl und Güte der Umgebungsvariablen unterscheiden.

Tabelle 2: Stufen der Modellierung

	Einmalanalyse	Maschinelles Lernen
Ausschließlich Daten aus lokaler Sensorik mit Zeitstempel	Stufe 1	Stufe 2
Zusätzlich Daten aus Umgebungsvariablen	Stufe 3	Stufe 4

Quelle: Eigener Entwurf

Die vier hier dargestellten Stufen sind zunehmend komplex: Die Stufe 1 ist am leichtesten zu implementieren, die Analysen der Stufe 4 sind am komplexesten, versprechen aber auch die besten Ergebnisse.

3.4 Alternativengenerierung

Auch die Generierung von Alternativen ist ein Teil des Recommender-Moduls. In diesem Teil des Recommenders werden Alternativen zu dem ursprünglichen Zielwunsch oder zu alternativen Verkehrsmitteln generiert oder vorgehalten.

3.4.1 Zielalternativen

Im Hinblick auf Zielalternativen kann unterschieden werden nach

- unspezifische Alternativen, also dem Verweis auf das Vorhandensein von Alternativen im Allgemeinen ohne weitere Auslastungsprüfung, und
- spezifische Alternativen, also dem Verweis auf eine unmittelbar zu dem ursprünglichen Wunsch passende Alternative mit Auslastungsprüfung.

Die Generierung oder das Vorhalten von spezifischen Alternativen ist deutlich anspruchsvoller als die unspezifischen Alternativen. Abbildung 19 zeigt eine recht weitgehende Alternativengenerierung: Wenn der Ursprungswunsch wegen zu hoher Auslastung nicht empfohlen werden kann, so muss für spezifische Alternativen im Idealfall geprüft werden, ob es sich um einen ähnlichen Ziel-Typ (z. B. Wassersportangebot) mit ähnlichem Charakter (z. B. für Kinder geeignet) und ähnlicher Wettereignung (Indoor vs. Outdoor) in vergleichbarer Distanz handelt. Zudem muss geprüft werden, ob die Auslastung dort ok ist, so dass ein Besuch empfohlen werden kann.

Abbildung 19: Prozess-Schritte bei der Erarbeitung spezifischer Alternativen mit Auslastungsprüfung

Bildquelle: Ergebnisbericht AIR, Phase 1, Juni 2020, Anlage, S. 16

Dieses Szenario stellt den Idealzustand der spezifischen Alternativenvorhaltung dar. In der Praxis wird man in den meisten Fällen mit weniger Parametern arbeiten müssen, da häufig der Hinweis auf grundsätzlich verfügbare Angebote ausreicht, ohne dass etwa die Distanz oder die Kombination von Typ, Charakter und Wettereignung beachtet werden müssen. Ob auch Auslastungsinformationen für jede Alternative notwendig sind, ist im Einzelfall zu entscheiden.

3.4.2 Verkehrsmittelalternativen

Ein anderer Aspekt der Alternativengenerierung wird bei der Erarbeitung von Modi-Alternativen (Verkehrsmittelwahl) angesprochen (Knapp, 1998, S. 121). Hier geht es spezifisch um das Aufzeigen von Alternativen zum motorisierten Individualverkehr (MIV) unter Berücksichtigung von Fahrplandaten, aktueller Straßenauslastung oder verfügbaren Vermietstationen für Elektrofahrzeuge oder Fahrräder (Abbildung 20). Ziel eines solchen Moduls ist es, statt CO2-intensiver Verkehrsmittel weniger klima- und umweltschädliche Alternativen vorzuschlagen.

Abbildung 20: Modell der Verkehrsmittel-Alternativen

Bildquelle: Ergebnisbericht AIR, Phase 1, Juni 2020, Anlage, S. 17

3.5 Deployment

Deployment (wörtlich: „Entsendung“ oder „Ausspielung“) beschreibt alle Maßnahmen, mit denen bis hierher generierte Informationen über die Auslastung von Tourismusangeboten zu den Nutzenden gebracht werden.

Dazu gibt es im Wesentlichen vier Varianten:

- Interne Nutzung: Die Informationen liegen nur intern vor und dienen als Informationsgrundlage für die Produktgestaltung oder manuell eingeleitete Lenkungsmaßnahmen.
- Indirekte Kommunikation: Die Informationen werden als historische für die Nutzenden dargestellt, etwa durch die Anzeige in spezifischen Websites, in dafür vorgesehenen Apps, Progressive Web Apps (PWA)[10] oder in digitalen Postern in der Landschaft.
- Direkte Kommunikation: (Echtzeit-) Auslastungs- und Verfügbarkeitsinformationen werden unmittelbar an die Nutzenden übermittelt, etwa durch die Anzeige in spezifischen Websites, in dafür vorgesehenen Apps, PWA oder in digitalen Postern in der Landschaft.
- Integrierte Kommunikation: Die Informationen werden in andere Informationsinhalte integriert, so dass nicht nur Nutzende, die sich spezifisch für die Frequenzdaten interessieren, erreicht werden.

Die folgenden Unterabschnitte diskutieren und illustrieren die vier Deployment-Strategien.

3.5.1 Interne Nutzung

Bei der internen Nutzung sind Frequenzdaten

(a) nur intern für den Dateneigentümer verfügbar oder

(b) öffentlich verfügbar, aber in einem für Nutzende nicht direkt nutzbaren Format (Abbildung 21).

[10] PWA = Progressive Web App, „ein Gattungsbegriff für einen Typ Webanwendung, der um Funktionsmerkmale angereichert wird, die man früher nur nativen Anwendungen zugeschrieben hätte“; dazu zählen zehn Eigenschaften: Progressive, Responsive, Connectivity Independent, App-like, Fresh, Safe, Discoverable, Re-engageable, Installable, Linkable. Liebel (2019, 99 f.)

Ziel ist es, die Daten für die interne Analyse oder für die Weiterverarbeitung durch Fachleute bereitzustellen. Maßnahmen können dann nur indirekt auf Basis dieser Daten getroffen werden, die Zielgruppen (Gäste oder Einwohner) haben keinen unmittelbaren Zugang zu den Daten.

Diese Option ist die am wenigsten effektive Art der Datenbereitstellung für das digitale Besuchermanagement.

Abbildung 21: Zähldaten im Format CSV auf der Opendata-Plattform des Landes Schleswig-Holstein

Quelle: Tourismus-Agentur Lübecker Bucht/Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
https://opendata.schleswig-holstein.de/dataset?organization=tourismus-agentur-lubecker-bucht, 19.3.2021

3.5.2 Indirekte Kommunikation

Bei der indirekten Kommunikation werden die Frequenzdaten so aufbereitet, dass sie auch für Nicht-Fachleute sofort nutzbar sind, aber keinen unmittelbaren Hinweis auf die Nutzbarkeit von Flächen oder Infrastrukturen geben. Ein Beispiel sind die frei verfügbaren Frequenzinformationen zu Radwegen, wie sie etwa die Stadt Bonn (Radregion Rheinland) zur Verfügung stellt (Abbildung 22).

Hier können Nutzende die Frequenzdaten direkt abrufen und in ihre Entscheidungen einbeziehen.

Nachteilig bei dieser Art der Kommunikation ist aber, dass die Nutzenden

(a) wissen müssen, dass es diese Informationen gibt

(b) aktiv werden müssen, um die Informationen zu finden

(c) die Informationen dann aktiv abrufen und

(d) aus den Informationen eine Entscheidungsgrundlage erarbeiten müssen (ist es jetzt „zu voll“ oder nicht?)

Abbildung 22: Indirekte Kommunikation: Radverkehrszählstelle in der Stadt Bonn (Radregion Rheinland)

Quelle: Stadt Bonn/Eco Counter GmbH; http://www.eco-public.com/public2/?&id=100053256, 19.3.2021

3.5.3 Direkte Kommunikation

Auch bei der direkten Kommunikation werden die Frequenzdaten so aufbereitet, dass sie auch für Nicht-Fachleute sofort nutzbar sind.

Beispiele sind die digitalen Parkleitsysteme in vielen Städten, die inzwischen nicht nur Parkhäuser und bewirtschaftete Parkplätze, sondern (durch IoT-Sensoren) auch Parkplätze am Straßenrand berücksichtigen können (Abbildung 23).

Die Nachteile sind ähnlich wie bei der direkten Kommunikation (a bis c), aber die Anzeige ist unmittelbarer handlungsleitend. Die Nutzenden müssen nicht mehr selbst evaluieren, ob der angezeigte Zustand „zu voll“ ist, weil diese Information farblich deutlich gekennzeichnet ist.

Abbildung 23: Direkte Kommunikation: Freie Parkplätze an der Kieler Förde

Quelle: Stadtwerke Kiel/nucleon e.V., https://node-red.iot-usergroup.de/parkenkiel/, 19.3.2021

3.5.4 Integrierte Kommunikation

Bei der integrierten Kommunikation werden die Frequenzinformationen an den digitalen Berührungspunkten (*Touchpoints*) bereitgestellt, die von den Nutzenden normalerweise bei ihrer Tripplanung verwendet werden.

Diese Berührungspunkte können vielgestaltig sein. Dazu gehören unter anderem Websites, PWA und mobile Apps der Kategorien:

1. Digitale Routenplaner für Individualverkehr und ÖPNV (z. B. Google Maps, DB Navigator, mobil.nrw, Radroutenplaner NRW)

2. Digitale Tourenplaner (z. B. Komoot, Outdooractive, ADAC Trips App)

3. Digitale Kartendienste (z. B. Google Maps, Geoportal NRW, OpenStreetMap)

4. Internet-Suchmaschinen (z. B. Google).

5. Informationen der/über die Destinationen und Attraktionen (Indoor oder Outdoor)

6. Information der/über die Großschutzgebiete

Google bietet mit *Google Popular Times and live busyness information* einen eigenen Service zur integrierten Kommunikation von Frequenzdaten an (D'Zmura, 2020). Wenn Google zu einem Suchbegriff mehr Informationen hat als nur eine Linkliste, so werden diese Informationen rechts neben den Suchergebnissen in einem *Knowledge Panel*, die aus der Wissensdatenbank *Google Knowledge Graph* gespeist wird, angezeigt. Die Art der dort angezeigten Informationen variiert je nach Typ des gefundenen Objektes, häufig enthält der Knowledge Graph Bewertungsinformationen („Google-Rezensionen“, Bewertungen aus dem Web), Auszüge aus einem relevanten Wikipedia-Artikel und eben auch Frequenzdaten. Die Frequenzdaten wurden ursprünglich für Google Maps entwickelt und dann in das Knowledge Panel portiert. Google erhält die zugrundeliegenden Informationen von mobilen Endgeräten, die Google Produkte nutzen (z. B. das Betriebssystem Android oder die mobile App „Google Maps“). Über die Präzision und Zuverlässigkeit der dort angezeigten Frequenzdaten ist wenig bekannt, das ganze Phänomen *Popular Times* jedenfalls aus touristischer Perspektive nur sporadisch untersucht, kann aber verdeutlichen, welches Potenzial die integrierte Kommunikationsstrategie beinhaltet (Möhring et al., 2020; Neves et al., 2016; Sanchot, 2016).

Abbildung 24 zeigt ein aktuelles Beispiel für einen Ausflugsturm im Arnsberger Wald (Lörmecketurm). In der Infobox ist rechts unten eine Frequenzinformation angegeben.

Ziel der integrierten Kommunikation ist es, die relevanten Touchpoints zu identifizieren, zu bewerten und dann zur Nutzung der Frequenzdaten anzuregen. Alle oben genannten Berührungspunkte eignen sich grundsätzlich, um zusätzlich zu statischen Informationen über einen PoI auch die Frequenzdaten von lokalen Sensoren oder aus einem Recommender-System auszuspielen. Wenn dies gelingt, verspricht die integrierte Kommunikation im Vergleich zur indirekten oder direkten Kommunikation eine höhere Effektivität.

Abbildung 24: Frequenzdaten in Google Popular Times

Quelle: http://www.google.com, 19.3.2021

4 Situation und Bedarfe in den Großschutzgebieten NRWs

Die folgenden Punkte sind eine kurzgefasste Version der im Februar und März 2021 geführten Gespräche. In dieser Kurzfassung werden primär die Punkte „Besucherdruck“, „Erfordernisse zur Einrichtung von Messstellen“ und „Bereitschaft zur Teilnahme an einem landesweiten Projekt zur digitalen Besucherlenkung“ thematisiert. Soweit nicht anders vermerkt, beziehen sich die Aussagen auf „normale“ Zeiten außerhalb der Corona-Pandemie.

Die Meldungen zu Messpunkten wurden den vier oben eingeführten Kategorien (vgl. Tabelle 1, S.20) zugeordnet.

- Wenn für einen Messpunkt nicht bekannt war, ob dort ein Stromanschluss vorhanden war, wurde vorsichtshalber eine Kategorie „ohne Strom“ zugeordnet. Das gilt auch für Nennungen wie „Stromanschluss ggf. möglich“.

- Wenn für einen Messpunkt nicht bekannt war, ob dort ein Breitbandanschluss (WLAN/LAN) vorhanden war, wurde vorsichtshalber die Mobilfunkabdeckung zugrunde gelegt. Das gilt auch für Nennungen wie „WLAN ggf. möglich“.

- War die Mobilfunkabdeckung nicht bekannt, wurde der Standort anhand der Daten aus dem Mobilfunkmonitoring der Bundesnetzagentur kategorisiert (100 × 100 m-Raster, Stand Oktober 2020)

- Wurde von den Schutzgebieten eine Information zur Mobilfunkabdeckung übermittelt, wurde diese selbstverständlich beibehalten.

Insgesamt wurden von den Schutzgebieten 294 Messpunkte als erforderlich gemeldet und kategorisiert.

4.1 Nationalpark Eifel

Der Nationalpark Eifel verfügt bereits über zahlreiche Erkenntnisse zu Besuchervolumen und Besucherstruktur. Unter anderem werden in mehrjährigen Abständen im Rahmen des Sozio-Ökonomischen Monitorings (SÖM) Besucherbefragungen und -zählungen durchgeführt. Außerdem sind zehn Dauerzählstellen zur Durchgangsmessung installiert, für die „Nationalparktore“ in Simmerath-Rurberg, Schleiden-Gemünd, Heimbach, Monschau-Höfen und Nideggen liegen ebenfalls Besucherzahlen vor. Die Dauerzählstellen sind mit passiven Infrarotsensoren ausgestattet und werden überwiegend per Bluetooth-Schnittstelle oder (in einem Fall) per GSM-Modem ausgelesen. Die Daten werden in der herstellereigenen Cloudlösung (Durbano & Unterberg, 2013)

bereitgestellt und als interne Informationsquelle genutzt. Als Nachteil der Pyrosensoren wird die Vandalismus-Anfälligkeit berichtet.

Weiterer Bedarf für Zählstellen wird vor allem bei Parkplätzen gesehen, insgesamt wurden 41 Zählstellen identifiziert (Tabelle 3), von denen aber nicht alle implementiert werden sollen.

Tabelle 3: Alle Mess-Stellen im Nationalpark Eifel (Prio 1 bis 3)

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	2	1	3
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	36	2	38
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	38	3	41

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021

Die Nationalparkverwaltung hat die Messpunkte priorisiert

- Priorität 1: Hotspots
- Priorität 2: beliebter Ausgangspunkt für Wanderungen, oft voll (teilweise saisonal bedingt)
- Priorität 3: alle weiteren Parkplätze.

Die Nationalparkverwaltung schlägt vor, nur die Messpunkte der Priorität 1 zu implementieren („Indikatorlösung“: Parkplätze mit Priorität 1 werden mit Zählgeräten ausgestattet. Wenn die Parkplätze voll sind, ist dies ein Indikator dafür, dass der gesamte Nationalpark voll und ausgelastet ist und Ausweichmöglichkeiten nur außerhalb des NLP Eifel Gebiets in Frage kommen). Dann ergibt sich der Messpunktebedarf wie in Tabelle 4 und Karte 1dargestellt.

Tabelle 4: Erforderliche Mess-Stellen im Nationalpark Eifel (Prio 1)

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	7	0	7
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	7		7

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021

Karte 1: Erforderliche Mess-Stellen im Nationalpark Eifel (Prio 1)

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021

Die Nationalparkverwaltung hat großes Interesse an einer Beteiligung an einem landesweiten digitalen Besuchermanagement.

4.2 Naturpark Arnsberger Wald

Der Naturpark wurde bereits in den 1960er Jahren wegen der Nähe zum Ruhrgebiet und der damit verbundenen hohen Besucherzahlen gegründet. Daran hat sich bis heute nichts geändert. Im östlichen Teil des Naturparks sind außerdem häufig Besucher aus dem Kreis Paderborn anzutreffen. Der Naturpark ist aber auch ein stark besuchtes Naherholungsziel für Ausflügler aus den Kreisen Soest und Hochsauerlandkreis. Neuralgische Punkte sind unter anderen der Möhnesee, das Rüthener Bibertal, Ense, die Parkplätze am Lörmecketurm und der Parkplatz Neuhaue. Die Hauptaktivität ist Wandern, an einigen Stellen ergänzt um Ganztagesangebote wie Waldspielplätze mit Wassererlebnis. Der Naturpark bewirtschaftet 42 eigene Parkplätze. Insgesamt wurden 27 Zählstellen benannt (Tabelle 5 und Karte 2).

Dauerzählstellen sind derzeit nicht vorhanden, es wurde eine temporäre Messung am Möhneseeturm vorgenommen (hier waren trotz Sperrung nach Sturm tausende Wanderer unterwegs). Vor längerer Zeit gab es außerdem eine Studie der Uni Bielefeld, bei der Zählungen vorgenommen wurden.

Tabelle 5: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Arnsberger Wald

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	8	0	8
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	19	0	19
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	27	0	27

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, Mai 2021

Karte 2: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Arnsberger Wald

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, Mai 2021

Der Naturpark hat Interesse an einem digitalen Besuchermanagementsystem. Für die Vereinheitlichung und Verbesserung der Besucherlenkung vor Ort (Beschilderung) läuft derzeit ein Projekt. Der Aufbau eines digitalen Besuchermanagementsystems ist mit dem derzeit vorhandenen Personal aber nicht zu leisten.

4.3 Naturpark Bergisches Land

Im Naturpark wird auch unabhängig von der Coronapandemie eine Zunahme des Nutzungsdruckes vermerkt. Ein Problemtreiber sind E-Mountainbikes, die im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern schwerer sind und mehr Reichweite aufweisen, was zu einer Belastung des Wegenetzes führt.

Hauptaktivitäten neben Radfahren ist Wandern. Die Verteilung der Besucher im Naturpark ist recht heterogen: Neben ausgesprochenen Hotspots gibt es auch deutlich weniger belastete Flächen, für die aber aktuell (zum Beispiel unter Corona) kein Besucherlenkungskonzept vorliegt. Hauptherkunftsgebiete der Gäste sind die rheinischen Städte (Köln, Bonn), Übernachtungsgäste kommen aber auch aus BeNeLux, dem nördlichen NRW und südlichen Niedersachsen.

Im Naturpark werden bereits zwei Kombi-Messstellen (Radfahrer, Fußgänger) mit Passiv-Infrarotsensoren betrieben. Es wird berichtet, dass diese Systeme keine Rückmeldung geben, wenn sie ausfallen. Derzeit ist ein gemeinsames digitales System für die touristische Basisinfrastruktur mit dem Naturpark Sauerland/Rothaargebirge in Arbeit.

Es existieren einige neuralgische Punkte, etwa in und um die Stadt Blankenberg, der Parkplatz Lückert (Streuobstwiesenweg), Windeck-Dreisel (Badestelle), Eitorf-Merten (Kloster, Bahnhof, Gestüt), diverse Wanderparkplätze (vor allem rund um die Große Dhünntalsperre, Eifgental), an Aggertal-sperre, Brucher- und Bevertalsperre (Brauchwassertalsperren mit Bademöglichkeiten) und bei den PoI und an den Wanderwegen insbesondere entlang der Wupper. Für einige der genannten neuralgischen Punkte konnten spezifische Alternativen benannt werden.

Zu den Parkplätzen wird angemerkt, dass manche Plätze nicht mehr zur Verfügung stehen, weil sie durch Holztransporte kaputt gefahren wurden.

Insgesamt wurden 28 Messpunkte als sinnvoll und erforderlich eingeschätzt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Bergisches Land

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	6	6	12
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	10	6	16
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	16	12	28

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Karte 3: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Bergisches Land

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Das Interesse an einer Teilnahme an einem landesweiten Projekt zum digitalen Besuchermanagement ist sehr groß. Dabei muss aber die Integration in andere laufende Projekte berücksichtigt werden (z. B. Regionale-Projekt „Grenzenlos“, Gutachten der Dt. Sporthochschule Köln, Gutachten SMART, etc.). Eine Initiierung eines Besuchermanagementprojektes aus eigenen Mitteln ist nicht möglich.

4.4 Naturpark Diemelsee

Der Naturpark Diemelsee hat mit Willingen eine starken Tourismusort (allein 1 Mio. Übernachtungen lt. Beherbergungsstatistik). Dort und rund um den Diemelsee ist ein hoher Besucherdruck zu verzeichnen. Wichtige touristische Quellmärkte sind das Ruhrgebiet und die Niederlande/Belgien, aber auch das Rheinland, Ostwestfalen und in letzter Zeit verstärkt Mittel- und Südhessen.

Wichtige Aktivitäten sind Radfahren/E-Biken und im Sommer Wassersport am Diemelsee. 2021 gibt es erstmals Outdoor-Übernachtungsangebote (neun Trekkingplätze, vergleichbar NP Nordeifel[11]).

Der größte Teil des Naturparks liegt in Hessen. In NRW ist lediglich der Parkplatz Feuereiche zu nennen. In Hessen kommen hingegen weitere neuralgische Punkte in Frage, so die sechs Parkplätze am Diemelsee, das Besucherzentrum in Willingen oder die Graf-Stollberg-Hütte. Insgesamt wurden acht Mess-Punkte benannt (Tabelle 7 und Karte 4), davon allerdings fünf in Hessen, die hier nicht berücksichtigt werden können (Parkplatz Strandbad Helminghausen, Parkplatz Touristinformation, Parkplatz Strandbad Heringhausen, Parkplatz Stormbrucher Brücke, Parkplatz Hohes Rad).

Tabelle 7: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Diemelsee

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	3	0	3
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	3	0	3

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021, zuzüglich 5 Messpunkte in Hessen

11 https://www.trekkingpark.de/

Karte 4: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Diemelsee

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021, dargestellt sind auch die 5 Messpunkte in Hessen

Eine Teilnahme an eine digitalen Besuchermanagement ist daher für den Naturpark Diemelsee nur sinnvoll, wenn Lösungen und Strategien grenzüberschreitend gedacht werden und eine Nutzungsperspektive der Daten für den gesamten Naturpark (auch für den hessischen Teil) gewährleistet werden kann.

4.5 Naturpark Dümmer

Seitens des Naturpark Dümmer erfolgte keine Rückmeldung.

4.6 Naturpark Hohe Mark

Der Naturpark Hohe Mark verzeichnet ein deutliches Besuchergefälle: Während der nördliche Teil noch ausbaufähige Besuchszahlen aufweist, steht der südliche, ruhrgebietsnähere Teil deutlich stärker unter Besucherdruck, sowohl was die Menge der Besuchenden als auch was die Zunahme des Fehlverhaltens (Vermüllung etc.) und unangemessener Freizeitnutzung betrifft.

Hauptaktivität im Naturpark ist Radfahren und Mountainbiken. Wassersport ist ebenfalls nachgefragt (Halterner Stausee, Silberseen), Wandern wird derzeit aktiv gefördert (z.B. Eröffnung Hohe-Mark-Steig 2021). Neuralgische Punkte sind Die Haard und hier besonders die Parkplätze im südlichen Teil, die Kirchheller Heide (Parkplatz), der Heidesee Bottrop (nicht als Badesee ausgewiesen, wird aber so genutzt), die Silberseen (insbesondere der Silbersee), Halterner Stausee, Pröbstingsee, Aasee sowie das Wasserschloss Raesfeld/Tiergarten. Die Haard bietet sich als Pilotfläche an, hier wurde bereits 2014 eine Besucherzählung durchgeführt. Insgesamt wurden 27 Messpunkte vorgeschlagen (Tabelle 8 und Karte 5).

Tabelle 8: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Hohe Mark

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	9	9
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	14	4	18
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	14	13	27

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021

Karte 5: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Hohe Mark

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, März 2021

Ein Besuchermanagementsystem ist für den Naturpark von Interesse, aber nicht mit eigenem Personal zu realisieren.

4.7 Naturpark Nordeifel

Der Naturpark Nordeifel ist der deutsche Teil des grenzüberschreitenden Naturparks Hohes Venn-Nordeifel. Eine Besonderheit des Naturparks ist, dass der Nationalpark Eifel innerhalb des Naturparks gelegen ist. Naturpark- und Nationalparkverwaltung arbeiten eng zusammen. Eine Strategie für das Besuchermanagement ist es, stark frequentierte Flächen im Nationalpark durch Angebote im Naturpark zu entlasten (zum Beispiel Übernachtung im Naturpark, Wandern im Nationalpark).

Wandern ist die häufigste Aktivität, der Naturpark bietet zum Beispiel 14 Trekkingzeltplätze an (Hosters, 2019), aber auch Spaziergänge sind beliebt. An zweiter Stelle steht das Radfahren, es gibt Angebote zum Mountainbiken (Downhillpark im Hürtgenwald) und für den Wassersport (z. B. Rursee). Der Naturpark richtet derzeit „Sternenblicke“ ein („Astrotourismus“). Ein Highlight im Frühjahr sind die Narzissenwiesen mit Millionen von Besuchern (Perlenbachtal, Olefbachtal).

Neuralgische Punkte im Naturpark sind unter anderem der Kronenburger See, der Freiliger See, die Ortschaft Nettersheim mit den umliegenden Naturerlebnisangeboten, einige Naturschutzgebiete (Drover Heide, Urfttal, Sistiger Heide, Perlenbachtal, Olefbachtal), die Buntsandsteinfelsen bei Heimbach sowie das Ausstellungs-, Kultur- und Bildungszentrum Vogelsang IP.

Beuscher-Zählungen werden derzeit sporadisch vorgenommen, die Einrichtung von 24 Messpunkten ist für ein digitales Besuchermanagementsystem erforderlich (Tabelle 9 und Karte 6).

Tabelle 9: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Nordeifel

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	9	14	23
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	1	1
Gesamt	9	15	24

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Karte 6: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Nordeifel

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Das Thema Besuchermanagement ist für den Naturpark von Bedeutung, eine Realisierung kann aber mit den vorhandenen Personalstellen nicht erfolgen.

4.8 Naturpark Rheinland

Im Einzugsbereich des Naturpark Rheinland leben mehr als drei Millionen Menschen, Naherholung ist deshalb ein zentrales Besuchsmotiv. Es handelt sich zudem durch die Rekultivierung von Braunkohleabbauflächen und ein höheres Maß an Zersiedelung um eine eher untypische Naturparklandschaft. Deshalb ist ein großer Druck auf die Freiflächen zu verzeichnen, allein der Otto-Maigler-See (Liebenstein, 2019) verzeichnet am Wochenende bis zu 10.000 Besuchende. Im Naturpark liegen rund 40 Seen, davon werden auf der Ville vier (Bleibtreusee, Otto-Maigler-See, Liblarer See, Heider Bergsee) als Erholungsschwerpunkte genutzt. Die Nutzung der Seen zur Ausübung verschiedener Wassersportarten wird überwiegend durch Vereine geregelt.. Daneben gibt es den FKK-See Zieselsmaar und den Wassersportsee Zülpich. Die übrigen Seen sind zwar naturschutzrechtlich geschützt („Naturschutzseen“), werden aber illegal genutzt. Hauptaktivitäten im Naturpark sind Radfahren und Wassersport, aufgrund der höheren Reichweiten durch E-Mountainbikes nimmt der Nutzungsdruck zu.

Im Naturpark gibt es klare Hotspots wie zum Beispiel die genannten Seen, im Bereich Bonn/Kottenforst, Rodderberg und im Königsdorfer Wald. Betroffen sind insbesondere Wanderparkplätze, weniger die Wege.

Insgesamt wurden 16 Messstellen an Parkplätzen gemeldet (Tabelle 10 und Karte 7). Im Rahmen der Radregion Rheinland wurden bereits zahlreiche Radverkehrsmesspunkte installiert, deren Daten teilweise öffentlich zugänglich sind. Im Bereich des Naturparks ist insbesondere der Erft-Radweg stark frequentiert.

Tabelle 10: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Rheinland

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	1	0	1
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	1	0	1
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	14	0	14
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	16	0	16

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Karte 7: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Rheinland

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Konkrete Alternativen zu den Badeseen sind nicht vorhanden. Bezogen auf die Wanderparkplätze sind spezifische Alternativen nicht zu benennen.

Der Naturpark weist darauf hin, dass aufgrund der hohen Zahl an Naherholenden eine „Information über die Information“ (Information darüber, wo Auslastungsinformationen zu finden sind) unbedingt notwendig ist: Es reicht nicht aus, digitale Auslastungsinformationen bereit zu stellen, sondern die Nutzenden müssen vor Ort aktiv darauf hingewiesen werden. Auch eine Kenntnis der Mobilitätsstrukturen wäre wichtig. Eine Forderung an das Gutachten ist es, die Möglichkeiten/Chancen und Grenzen der digitalen Besucherlenkung klar zu benennen. Im Gespräch wurde auch deutlich gemacht, dass die kostenlose Verfügbarmachung von digitalen Informationen auch für kommerzielle Anbieter vor dem Hintergrund möglicher Folgekosten zu hinterfragen ist.

Das Interesse an einem digitalen Besuchermanagementsystem ist groß, die Notwendigkeit evident. Auch der aktuelle Naturparkplan (2017, S. 54) weist darauf hin, dass als ein Baustein „… ein wachsender Bedarf in Sachen Besucherlenkung – ein ‚Lenken und Leiten‘ der Besucherinnen und Besucher im Abgleich mit den Interessen des Naturschutzes“ erforderlich ist.

4.9 Naturpark Sauerland Rothaargebirge

Der Naturpark ist einerseits geprägt durch eine hohe Übernachtungsnachfrage (deutlich mehr als 6 Mio. Übernachtungen p.a.) und andererseits durch eine räumliche Differenzierung: Wintersport in den Hotspots um Winterberg, fünf Talsperren im Westen, Outdoornachfrage stärker im Osten. Hauptaktivitäten sind Wandern und Trekking, Radfahren in Flusstälern, Mountainbiken, im Winter Wintersport, im Sommer Wassersport.

Neuralgische Punkte sind insbesondere an den Parkplätzen zu identifizieren, sowohl an Seen als auch bei Wintersportangeboten und bei Einstiegen in das Wanderwegenetz, insbesondere auf dem Kamm des Rothaargebirges. Insgesamt wurden 54 Parkplätze als Mess-Stellen identifiziert und gemeldet (Tabelle 11). Die Wege selbst sind demgegenüber weniger neuralgisch, auch wenn es an wenigen Punkten (etwa auf dem Rothaarsteig oder Höhenflug) zu Überlastungen oder Konflikten (etwa Wanderer – Mountainbiker) kommt.

An den Talsperren ist für 2021 die Installation von 50 bis 100 Zählstellen durch die Kommunen geplant.

Insbesondere für die Wanderparkplätze ist die Ausweisung spezifischer Alternativen nicht notwendig.

Tabelle 11: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Sauerland Rothaargebirge

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	54	0	54
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	54	0	54

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Karte 8: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Sauerland Rothaargebirge

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Die Bereitschaft zur Teilnahme an einem landesweiten Projekt zum digitalen Besuchermanagement ist vorhanden, allerdings muss eine Anschubfinanzierung gewährleistet sein. Der Naturpark schlägt vor, das technische Management (Sensorik und Plattformen) in Kooperation zu realisieren.

4.10 Naturpark Schwalm-Nette

Der Naturpark ist Teil eines grenzüberschreitenden Parks (Maas-Schwalm-Nette) mit grenzüberschreitenden Angeboten (Premium-Wanderwege). Innerhalb einer 60-Minuten-Pkw-Isochrone leben annähernd neun Millionen Menschen.

Tabelle 12: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Schwalm-Nette

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	11	0	11
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	23	2	25
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	34	2	36

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Karte 9: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Schwalm-Nette

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Primäre Aktivitäten sind Wandern (siehe zum Beispiel Wasser.Wander.Welt) und Radfahren. Hinzu kommen einige Seen mit Möglichkeiten zum Baden. Neuralgische Punkte sind insbesondere die Parkplätze an den Einstiegen in das Wanderwegenetz, aber auch an Naturerlebnisgebieten

(Krickenbecker Seen, Galgenvenn/Grenzwald, Elmpter Schwalmbruch/Niederkrüchten/Brüggen, NSG im Schagbachtal (Wassenberg), Birgeler Urwald). Spezifische Alternativen zu den identifizierten neuralgischen Punkten sind aufgrund der begrenzten Fläche des Naturparks schwer zu benennen, insbesondere in der Corona-Zeit ist „alles voll“.

Derzeit wird ein Zählgerät auf einem Premium-Wanderweg betrieben (seit 2018). An den 25 „Wasserblicken“ wurden auch die Zugriffe auf die dort angebrachten QR-Codes gemessen, diese Zählungen wurden aber 2019 wegen datenschutzrechtlicher Bedenken eingestellt. Aktuell wurden 36 Messstellen gemeldet (Tabelle 12 und Karte 9).

Das Interesse an der Teilnahme an einem landesweiten Projekt zum digitalen Besuchermanagement ist groß, auch, weil die damit generierten Daten für andere Aufgaben weiterverwendet werden könnten (etwa. Bildungsaufträge). Eigene Ressourcen sind bestenfalls kurzzeitig aktivierbar, für eine strukturierte Bearbeitung reicht das vorhandene Personal nicht aus. Der Naturpark weist darauf hin, dass zur Installation von Sensorik vertragliche Regelungen zwischen Naturpark und Kommunen oder Privaten erforderlich wären.

4.11 Naturpark Siebengebirge

Der Naturpark Siebengebirge gehört zu den flächenmäßig kleineren Naturparks und ist durch einen hohen Anteil an Naturschutzgebieten gekennzeichnet. Diese Naturschutzgebiete (insbesondere das NSG Siebengebirge) sind Schwerpunkte der Freizeitnutzung.

Hauptaktivitäten sind Wandern und Spazierengehen, hinzu kommen Mountainbiker mit zunehmender Tendenz.

Vor allem die Wanderparkplätze im Naturschutzgebiet Siebengebirge sind regelmäßig stark frequentiert und überfüllt. Das Parken auf Grünstreifen etc. ist Folge dessen. Auch ein Großteil der Wege ist stark genutzt und es kommt zu Konflikten zwischen Wanderern und Mountainbikern. Insgesamt wurden 44 Messpunkte an Parkplätzen gemeldet (Tabelle 13). Der Verschönerungsverein für das Siebengebirge (VVS) ist Eigentümer und teilweise auch Bewirtschafter (Parkautomaten) zahlreicher Parkplätze. Spezifische Alternativen für die neuralgischen Punkte sind nicht notwendig, insbesondere im Nordosten des Naturparks (außerhalb des NSG Siebengebirge) sind ausreichend Alternativen zu finden.

Tabelle 13: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Siebengebirge

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	12	0	12
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	32	0	32
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	44	0	44

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldungen der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Karte 10: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Siebengebirge

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldungen der Schutzgebietsverwaltung, April 2021

Das Thema Besucherlenkung ist in Bezug auf das Naturschutzgebiet Siebengebirge und die restliche Kulisse des Naturparks Siebengebirge mit hoher Priorität zu betrachten. Die vorhandenen Personalkapazitäten reichen für die Initiierung eines digitalen Besuchermanagementsystems derzeit nicht aus.

4.12 Naturpark Teutoburger Wald/Eggegebirge

Der Naturpark ist recht groß und weist neben Flächen, in denen keine Überlastungserscheinungen sichtbar sind, auch dezidierte Hotspots auf (z. B. Hermannsdenkmal, Externsteine). Überlastungen gibt es teilweise an Parkplätzen, die Hotspots haben große und kostenpflichtige Parkplätze, was im Umfeld teilweise zu Wildparken führt. Weitere neuralgische Punkte sind die Godelheimer Seen und der Weser-Skywalk bei Beverungen. Im Bereich der Naturräume Senne, Teutoburger Wald, Waldweide sind zu wenig Parkplätze vorhanden. Insgesamt ist der Bereich Bielefeld bis Detmold an der Grenze der Verträglichkeit im Naturraum, nach Osten und Süden hingegen gibt es weniger Tourismus, dort soll Tagestourismus gestärkt werden.

Hauptaktivitäten sind Wandern und Radfahren/Mountainbiken, von gelegentlichen Problemen mit Wildcampern wird berichtet.

Tabelle 14: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Teutoburger Wald/Eggegebirge

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	22	0	23
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	22	0	22

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021, zuzüglich 1 Messpunkt in Niedersachsen (Wanderparkplatz am Weser-Skywalk 2)

Karte 11: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark Teutoburger Wald/Eggegebirge

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, April 2021, zuzüglich 1 Messpunkt in Niedersachsen (Wanderparkplatz am Weser-Skywalk 2)

Die Bereitschaft zur Teilnahme an einem landesweiten Projekt zum digitalen Besuchermanagement ist begrenzt, weil Überlastung kein flächendeckendes Problem darstellt. Dennoch wurden nach Rücksprache mit den beteiligten Kommunen erforderliche 23 Mess-Punkte benannt, von denen aber

einer in Niedersachsen gelegen ist und deshalb bei der späteren Kostenermittlung nicht berücksichtigt wurde (Tabelle 14 und Karte 11).

4.13 Naturpark und Geopark TERRA.vita

Der Naturpark ist grenzübergreifend angelegt, der größere Teil der Fläche liegt in Niedersachsen. Insgesamt gibt es, abgesehen von Nachfragespitzen in der Corona-Zeit, kaum Überlastungserscheinungen im Naturpark. Zwar gibt es zeitweise erhöhten Besucherdruck in FFH-Gebieten (z. B. Moorlehrpfad) und bei einzelnen Highlights (z. B. Canyonblick, Aussichtsplattformen, Wanderparkplätze, Highlights an Wanderwegen, aber jeweils in Auswahl). Im Allgemeinen verläuft sich vieles in der Landschaft, es gibt ca. 250 Wanderparkplätze. Diese sind zuweilen gut besucht, aber nicht überfüllt. Freiwillige Lenkungsmaßnahmen werden hinsichtlich der Wirksamkeit und des praktischen Nutzens begrenzt eingeschätzt.

Es gibt derzeit Überlegungen für die Etablierung eines eigenen Messpunktenetzes, die aber (im März 2021) noch nicht finalisiert wurden. Diese Überlegungen sind eher auf die allgemeine Informationsgewinnung gerichtet und weniger auf die Vermeidung von Überlastungserscheinungen.

Für den nordrhein-westfälischen Bereich des Naturparks wurden acht Messpunkte vorgeschlagen, davon waren zwei aber nicht spezifiziert und konnten deshalb nicht kategorisiert werden (Tabelle 15 und Karte 12).

Tabelle 15: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark und Geopark TERRA.vita

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	Gesamt
Kat. 1: Mit Strom und LAN/WLAN	0	0	0
Kat. 2: Mit Strom, mit Mobilfunk (2G)	0	0	0
Kat. 3: Ohne Strom, mit Mobilfunk (2G)	6	0	6
Kat. 4: Ohne Strom, ohne Mobilfunk	0	0	0
Gesamt	6	0	6

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, Mai 2021; zwei Messpunkte im Kreis Gütersloh hier nicht berücksichtigt, weil nicht hinreichend spezifiziert (Lageangabe fehlte)

Karte 12: Erforderliche Mess-Stellen im Naturpark und Geopark TERRA.vita

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltung, Mai 2021; zwei Messpunkte im Kreis Gütersloh hier nicht berücksichtigt, weil nicht hinreichend spezifiziert (Lageangabe fehlte)

5 Empfehlungen zur Implementierung

Die nachfolgenden Empfehlungen zur Implementierung führen die Ergebnisse der Kapitel 3 und 4 zusammen. Die Gliederung der ersten fünf Abschnitte (Messung und Sensorik, Datenhub/Datenmanagement, Modellierung/Prognostik, Alternativengenerierung und Deployment) ist identisch mit Kapitel 3. Das Kapitel wird um weitere Empfehlungen zu organisatorischen und rechtlichen Aspekten, ökologischen und sozialen Aspekten sowie einem Projektablaufplan und einer Grobkalkulation ergänzt.

5.1 Messung und Sensorik

Bei der Bedarfsermittlung hat sich herausgestellt, dass sich der ganz überwiegende Teil der vorgesehenen Messpunkte auf Parkplätze bezieht. Nur wenige vorgesehene Messpunkte entfallen auf die Durchgangszählung von Personen, Fahrräder, Reitern oder Wassersportlern. Dabei ergibt sich zusammengefasst das in Tabelle 16 dargestellte Bild. Die dort dargestellten vier Kategorien berücksichtigen sowohl die Strom- als auch die Datenanabindung und sind identisch mit den Angaben in Tabelle 1 (S. 20).

Tabelle 16: Erforderliche Mess-Stellen im gesamten Erhebungsgebiet

Standortkategorie	Parkplätze	Wegezähler/PoI	**Gesamt**
Kat. 1: Sehr gute Infrastrukturanbindung (Strom, LAN/WLAN)	1	9	**10**
Kat. 2: Gute Infrastruktur (Strom, Mobilfunk)	38	6	**44**
Kat. 3: Schlechte Infrastrukturanbindung (kein Strom, Mobilfunk)	213	26	**239**
Kat. 4: Keine Infrastrukturanbindung (kein Strom, kein Mobilfunk)	0	1	**1**
Gesamt	**252**	**42**	**294**

Quelle: Eigene Erhebung auf Basis von Meldung der Schutzgebietsverwaltungen, ohne sechs Messpunkte in Niedersachsen/Hessen, NLP Eifel: Nur Prio 1

Abbildung 25: Erforderliche Messpunkte in den Großschutzgebieten in NRW (Übersicht)

Quelle: Eigene Erhebung

Als **Messintervall** werden grundsätzlich 15 Minuten angenommen. Feinere zeitliche Auflösungen können lokal realisiert werden, werden für die zentrale IT-Infrastruktur aber nicht als notwendig erachtet. Damit ergeben sich je Sensor 24 × 4 = 96 Zählwerte je Tag. Sensoren sollen einheitlich zur vollen Stunde und zu jeder Viertelstunde messen. das Messintervall ist nicht notwendigerweise identisch mit dem Datenübertragungsintervall. Eine ebenfalls 15-minütige Datenübertragung wäre zwar wünschenswert, um (nahezu) Echtzeit-Informationen zu erhalten, allerdings wird ein solches Intervall an Standorten ohne Stromanschluss voraussichtlich nicht zu realisieren sein.

Bei der Ausschreibung von lokaler Sensorik sollten folgende Kosten-/Leistungsbestandteile beachtet werden:

- Inbetriebnahme
    - Kosten für die Sensor-Hardware
    - Installationskosten inkl. Kosten für Trägerstrukturen, Genehmigungen etc.
    - Kosten für die technische Inbetriebnahme der Sensoren (Setup, Test)
    - Kosten für die technische Inbetriebnahme der Datenplattform inkl. Bereitstellung einer API
- Laufende Betriebskosten
    - Abschreibungen
    - Wartung und Austausch von Verschleißteilen
    - Reparatur und Ersatz bei Beschädigung
    - Strom- und Datenverbrauch (z. B. Kosten für Mobilfunkanbindungen)
    - Lizenzkosten für Datenplattformen (Cloudlösungen der Hersteller, Bereitstellung und Nutzung einer API)

5.1.1 Parkplätze

Für Parkplätze kommen grundsätzlich Durchgangs- oder Flächenzähler in Frage. Durchgangszähler zählen nur an der Ein- und Ausfahrt, Flächenzähler hingegen beobachten die gesamte Fläche. Je nach räumlicher Konfiguration (Gesamtfläche, Sichteinschränkungen durch Bewuchs) sind bei Einsatz von Flächenzählern unter Umständen mehrere Sensoren erforderlich.

Für die Zwecke des hier vorgeschlagenen digitalen Besuchermanagementsystems erscheinen Durchgangszähler ausreichend. Diese sind zudem datenschutzrechtlich unproblematisch, weil *von vornherein* keine personenbezogenen Daten erhoben werden.

Empfohlen werden grundsätzlich **in der Höhe angebrachte Laser-Durchgangsscanner** oder **Induktionsschleifen** Diese Sensortypen können sowohl die Richtung als auch die Art der Durchgänge (Fußgänger/Radfahrer oder Fahrzeuge) differenzieren. Im Vergleich zu einfachen Licht-/Laserschranken sind diese Geräte deutlich leistungsfähiger und zugleich erheblich kostengünstiger als die noch leistungsfähigeren LiDAR -basierten Sensoren.

Im Vergleich zu bildbasierten Sensoren ist keine datenintensive Bildübertragung erforderlich, lediglich die Zähldaten werden übermittelt. Dazu reichen auch schmalbandige Mobilfunknetze aus (2G/3G).

Für die Standorte der Kategorien 2 und 3 ist ein Mobilfunkmodem erforderlich, für die Standorte der Kategorie 3 zudem eine Solarstromversorgung mit Akkupufferung.

Nachteilig bei Überkopfsensoren ist die etwas aufwändigere Installation, für die ggf. ein Mast errichtet werden muss. Allerdings sind auch Sensoren am Markt, die nicht unmittelbar über der Zufahrt angebracht werden müssen, sondern bis zu 20 m schräg davon installiert werden können. Die Anbringung in der Höhe hat aber den Vorteil der geringeren Vandalismusanfälligkeit, weil sich der eigentliche Sensor außerhalb der hilfsmittelfreien Reichweite von Menschen und den meisten Wildtieren befindet. Zudem müssen Sensoren nicht mittig über der Zählstelle angebracht werden, so dass in der Regel auch seitlich stehende Bäume genutzt werden können[12]. Für Induktionsschleifen sind einfache Erdarbeiten notwendig. Diese Sensortypen können nach Herstellerangaben auch in wassergebundenen Oberflächen verbaut werden.

Selbstverständlich steht es den Betreibern frei, fallweise andere Sensorentypen zu verbauen, wenn die örtlichen Gegebenheiten dies angezeigt erscheinen lassen.

5.1.2 Andere Durchgangszähler

Der Nationalpark Eifel und andere Großschutzgebieten haben mit **passiven Infrarotsensoren**, die auf Durchgangshöhe angebracht werden, gute Erfahrungen gemacht, allerdings wird die Vandalismus-Anfälligkeit als nachteilig benannt. Der marktführende Anbieter für solche Sensoren kann zudem auf zahlreiche Referenzinstallationen weltweit verweisen. Sensoren dieses Anbieters weisen eine sehr kompakte Bauform auf, bei der wesentliche Module (Stromversorgung, Analytik) vergraben werden können.

Für torartige Örtlichkeiten lassen sich auch **überkopf angebrachte Laser-Durchgangsscanner** für die Personenzählung einsetzen (zu den Vor- und Nachteilen siehe den vorhergehenden Abschnitt).

5.1.3 Globale Sensorik

Um zusätzliche Daten zu den Frequenzen auch jenseits der lokalen Mess-Stellen zu erhalten und insbesondere, um Herkunfts-Ziel-Beziehungen zu ermitteln, empfiehlt sich der Bezug von Daten aus globaler Sensorik. Dazu stehen entweder Daten aus den Netzen der Mobilfunkbetreiber oder Daten

[12] Jedenfalls aus sensortechnischer Sicht. Ggf. müssen dabei die Sicht störende Äste entfernt werden und die Montage soll so erfolgen, dass der Baum möglichst nicht beschädigt oder beeinträchtigt wird.

aus mobilen Apps zur Verfügung. Nach dem derzeitigen Stand sind Mobilfunkdaten (a) deutlich teurer, (b) weniger flexibel und (c) abhängiger von der tatsächlichen Mobilfunkabdeckung als App-Daten. Allerdings liegen für App-Daten derzeit nur wenige Erkenntnisse zur Validität und Reliabilität vor (erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes am DITF legen aber eine hinreichende Qualität der Daten nahe).

5.2 Datenhub/Datenmanagement

Für das Datenmanagement wird die **zentrale Datenhaltung mit Funktionstrennung** empfohlen (Abbildung 26). Dazu bildet der heute bereits vorhandene „Datahub NRW“ als Content Hub für eher statische Daten eine Säule des Gesamtsystems. Er wird ergänzt um einen zweiten „Sensor Hub“, in dem alle voll-dynamischen Frequenzdaten vorgehalten werden. Eine eindeutige PoI-ID stellt die Verbindung zwischen beiden Datenbeständen her. zusammen mit dem Recommender-Modul bilden diese drei Elemente den neuen „Datahub NRW“.

Die konkrete Implementierung muss mit einem Dienstleistungspartner (Auftragnehmer) erarbeitet werden. Für die Auswahl/Ausschreibung können folgende Leistungsbestandteile herangezogen werden:

- Entwicklung, Installation und Betrieb eines Sensor-Hubs, der in der Lage ist, in der ersten Stufe laufende Informationen von rund 300, in Ausbaustufen bis zu 5.000 lokalen Sensoren zu übernehmen, zu speichern, zu verarbeiten und abzugeben.

- Entwicklung von Konnektoren für die *Datenübernahme* aus lokaler Sensorik (Zugriff auf Herstellerdefinierte API).

- Entwicklung und Bereitstellung von Konnektoren für die *Datenübergabe* an Deployment-Systeme (Bereitstellung einer API)

- Bereitstellung eines leistungsfähigen Konnektors zum existierenden „Datahub NRW“ (https://datahub.touristiker-nrw.de/), der dann als Content Hub fungieren soll.

Abbildung 26: Schema der empfohlenen Datenhaltung

Quelle: Eigener Entwurf

5.3 Modellierung/Prognostik

Modellierung und Prognostik sind Bestandteile des Recommender-Moduls. Gesucht wird ein Modul, das unter Einbeziehung relevanter Ausgangsdaten (z. B. lokale Sensorik, globale Sensorik, Wetterdaten, Ferien-/Feiertagsfolge, Veranstaltungen vor Ort, Erreichbarkeit/Isochronen etc.) eine Prognose für jeden Messpunkt und ggf. für weitere Punkte, die als spezifische Alternativen dienen können, berechnet. Nach gutachterlicher Einschätzung können dazu **Modellierungen der Stufe 4** (vgl. Abschnitt 3.3) die besten Beiträge liefern.

5.4 Alternativengenerierung

Alternativengenerierung ist Teil des Recommender-Moduls. Obwohl spezifische Ziel-Alternativen in der Theorie eine höhere Effektivität versprechen als summarische Alternativen (zu den Begriffen siehe Abschnitt 3.4), reicht in der Praxis eine nicht-spezifisch Alternativenvorhaltung aus (jedenfalls legen das die Ergebnisse der Gespräche mit den Schutzgebieten in NRW nahe). Die Ausarbeitung spezifischer Ziel-Alternativen sollte erst begonnen werden, wenn hinreichend Erfahrungen mit den zunächst zu implementierenden Besuchermanagementprozessen vorliegen.

Bezüglich der Verkehrsmittel-Alternativen besteht hingegen kurzfristigerer Handlungsbedarf, jedenfalls soweit die relevanten Punkte und ihre Alternativen überhaupt per ÖPNV erreichbar sind. Daher sind zunächst die Messpunkte im Hinblick auf die ÖPNV-Erreichbarkeit zu bewerten und dann für die geeigneten Punkte in Abstimmung mit den Anbietern digitaler Fahrplaninformationen entsprechende Routingvorschläge zu generieren. Dabei sollten existierende multi-modale

Routingsysteme (z. B. Digitransit oder OpenTripPlanner, vgl. Abschnitt „Routen- und Tourenplanung“, S. 38) auf ihre Einsatzfähigkeit geprüft werden.

5.5 Deployment

Als Deployment-Strategie empfiehlt sich wegen der potenziell höchsten Effektivität die integrierte Kommunikation (vgl. Abschnitt 3.5.4).

Bereits in Abschnitt 3.5.4 wurden die Kategorien von Informationskanälen identifiziert, die grundsätzlich für das Deployment geeignet erscheinen. Je nach Kategorie ist eine weitere Einteilung in Kanäle, die zentral bearbeitet werden sollten, und solche, die lokal bearbeitet werden können, hilfreich.

Die notwendigen Arbeitsschritte lassen sich in die folgenden Phasen einteilen:

1. Informationskanäle identifizieren
2. Informationskanäle bewerten/priorisieren/auswählen
3. Informationskanäle zur Zusammenarbeit anregen/interessieren
4. Technische Konnektoren beschreiben und abgleichen
5. Organisatorische/finanzielle Bedingungen klären
6. Implementieren
7. Evaluieren und optimieren.

Damit ergeben sich die Dimensionen der Bearbeitung dieser Aufgabe:

1. Zuordnung (landesweit oder lokal, vgl. auch den folgenden Abschnitt)
2. Kategorie der Informationskanäle
3. Arbeitsphase

Als grundsätzliche Regel kann angenommen werden, dass eine höhere Zahl an Deploymentkanälen die Effektivität des Gesamtsystems erhöht. Daher sollten die Informationskanäle je Kategorie zunächst identifiziert und zugeordnet und dann bewertet werden. Das sich ergebenden Ranking kann dann von oben nach unten bearbeitet werden. Selbstverständlich sollte das System der Kategorien und konkreten Kanäle im Laufe der Zeit erweitert werden.

5.6 Organisatorischer Aufbau

Für den organisatorischen Aufbau empfiehlt sich eine Kombination von lokaler und zentraler Aufgabenerledigung.

Gegen eine nur lokale Organisation spricht, dass bestimmte Funktionen auf eine Bündelung angewiesen sind, damit sie positive Netzwerkeffekte hervorbringen (Clement et al., 2019). Gegen eine nur zentrale Organisation spricht, dass dann die lokalen Fühlungsvorteile verloren gehen und das Besuchermanagementsystem unter Umständen nicht mehr als „System der Naturparke“ verstanden wird, sondern nur mehr als eine technische Lösung, die irgendwo an zentraler Stelle erledigt wird. In der Folge könnte die Identifikation mit oder Motivation für das Projekt sinken.

5.6.1 Lokale Aufgaben

Zu den lokalen Aufgaben gehören:

1. *Installation und Betrieb Lokale Sensorik (ggf. Transaktionsdaten)*: Installation und Betrieb der lokalen Sensorik kann nicht sinnvoll zentral erledigt werden, da die Sensoren ein gewisses Maß an Betreuung verursachen und jeweils unterschiedliche Aufwände (Betreuung) und Kosten (Installationskosten und Betriebskosten, siehe Abschnitt 5.1) verursachen. Zudem müssen die lokalen Eigentumsverhältnisse, (bau-) rechtlichen Anforderungen und ggf. der Zugang zu lokalen Strom- und Datenanschlüssen geklärt werden – dies kann am besten vor Ort erfolgen.

2. *Ableitung und Evaluation von lokalen Steuerungs-Maßnahmen:* Lokale Steuerungsmaßnahmen sind solche, die kleinräumlich wirken und umgesetzt werden, wie zum Beispiel die Sperrung oder Wiederöffnung eines Weges oder Parkplatzes oder die Anpassung von Kapazitätswerten auf einer Fläche.

3. *Beteiligung an landesweiter Besuchermanagement-AG/Networking:* Es wird empfohlen, für den gegenseitigen Informationsaustausch eine landesweite Besuchermanagement-Arbeitsgruppe einzurichten: Das Thema des landesweiten digitalen Besuchermanagements ist nahezu für alle Beteiligten neu und demzufolge der Bedarf an Austausch über Probleme und Lösungen voraussichtlich hoch.

4. *Lokale Kommunikation, lokales Deployment:* In den Gesprächen wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass sich ein großer Teil der Nutzenden aus der lokalen Bevölkerung rekrutiert. Diese Nutzergruppen werden voraussichtlich nicht vor jedem Besuch eines Wanderparkplatzes eine digitale Ausflugsplanung vornehmen und deshalb unter Umständen nicht von den zentralen Deploymentwegen erreicht. Daher sind vor Ort Hinweise auf die Verfügbarkeit digitaler Auslastungsinformationen notwendig (Infotafeln, “Zettel hinter der Windschutzscheibe”, lokale Presse, Tourist-Informationen, Startbildschirme in öffentlichen WLAN-Netzen etc.).

5.6.2 Zentrale Aufgaben

Zu den zentralen Aufgaben gehören:

1. *Entwicklung, Installation und Betrieb Sensor-Hub, Vernetzung mit Content Hub/TDM*: Der zentrale Sensor-Hub (vgl. Abschnitt 5.2) und die dazugehörige Vernetzung mit dem bereits existierenden landesweiten Content-Hub muss selbstverständlich nur einmal erfolgen.

2. *Entwicklung, Installation und Betrieb Recommender-Modul inkl. Datenbezug globaler Sensorik:* Das Recommender-Modul, das für Modellierung/Prognostik (Abschnitt 5.3) und Alternativengenerierung (Abschnitt 5.4) zuständig ist, muss nur einmal landesweit betrieben werden. Je mehr Daten für einen Recommender zur Verfügung stehen, desto besser funktionieren zum Beispiel die Methoden maschinellen Lernens – schon deshalb ist eine Zentralisierung hier notwendig. Auch die Einbeziehung von Daten aus globaler Sensorik zur Verbesserung/Verfeinerung der Recommender-Ergebnisse ist nur zentral sinnvoll, um die Daten bestmöglich zu nutzen.

3. *Prozessführung und Wissensmanagement:* Digitales Besuchermanagement ist auf landesweiter Ebene ein bisher weitgehend nicht bearbeitetes Segment. Daher ist neben der Implementierung und Weiterentwicklung der notwendigen Maßnahmen auch eine aktive Beteiligung am bundesweiten und internationalen Wissenstransfer in diesem Themenbereich notwendig. Dadurch entsteht ein landesweiter Kompetenzschwerpunkt "Digitales Besuchermanagement", der nicht nur für die hier betrachteten Großschutzgebiete Wissen generiert, sondern auch für die touristisch relevanten Räume außerhalb der Großschutzgebiete. Damit ist zugleich eine Prozessführerschaft verbunden, indem der Träger des Kompetenzschwerpunktes aktiv auf Weiterentwicklung und Innovation hinwirkt.

4. *High-Level Evaluation und Begleitforschung:* Im Rahmen von Evaluation und Begleitforschung ist zu ermitteln, welche Wirksamkeit das digitale Besuchermanagement insgesamt hat (Effektivitäts-Evaluation), ob sich das Gesamtprojekt planmäßig entwickelt (Fortschrittsevaluation) und welche Schwachstellen und Optimierungspotenziale im Gesamtprojekt vorliegen (Højlund et al., 2017; Willemsen & Leeuw, 2017).

5. *Koordination landesweite Besuchermanagement-AG:* Die bereits oben angeführte landesweite Besuchermanagement-AG bedarf einer zentralen Koordination.

6. *Zentrale Kommunikation, zentrales Deployment (Key Player):* Neben dem Deployment und der Kommunikation auf lokaler Ebene ist für ein effektives digitales Besuchermanagement eine Zusammenarbeit mit Key Playern notwendig. Dazu gehören Mobilitätsanbieter, Routenplaner und digitale Tourenplanungsanwendungen (vgl. Abschnitt 3.2.1).

5.6.3 Kooperationsoffenheit

In diesem Gutachten stehen die Großschutzgebiete (Nationalpark, Naturparke) in NRW auftragsgemäß im Fokus der Betrachtung. Bereits während der Gespräche zu Situation und Bedarfen (Kapitel 0) wurde deutlich, dass die Großschutzgebietsverwaltungen, insbesondere die Naturparke, nicht in der Lage sein werden, ein Projekt dieser Größenordnung allein zu realisieren und dass sowohl in der Initial- und Aufbauphase als auch für den dauerhaften Betrieb eines digitalen Besuchermanagementsystems Zusatzfinanzierungen und Kooperationen erforderlich sind.

Das zu etablierende System ist aus mehreren Gründen *kooperationsoffen* zu gestalten:

1. Eine Kooperation zwischen Naturparken/Nationalpark und DMO (Destinations-Management-Organisationen) ist vor allem für Zwecke der tourismusrelevanten Kommunikation sachlich notwendig und geübte Praxis. Eine häufige informelle „Arbeitsteilung“ sieht für die Naturparke die Angebots*gestaltung* und für die DMO die Angebots*vermarktung* und *Kommunikation* vor. Kommunikation ist aber für das hier vorgeschlagene Besuchermanagementsystem essenziell (vgl. Deployment in Abschnitt 5.5).
2. Zentrale technische Bestandteile des hier vorgeschlagenen Systems (insbesondere Datenhub und Recommender) sollen so gestaltet sein, dass sie nicht nur von den Naturparken/vom Nationalpark genutzt werden können. sondern auch von anderen tourismusrelevanten Stakeholdern in NRW. Das verbessert nicht nur die *Kosteneffizienz* der zentralen Komponenten, sondern insbesondere auch die *Kommunikationseffektivität* der dort generierten Empfehlungen. Es ist davon auszugehen, dass auch andere tourismusrelevante Akteure, neben dem Nationalpark und den Naturparken, in der Zukunft Besuchermanagementsysteme einrichten werden. Für diese sollten selbstverständlich die hier vorgeschlagenen zentralen Bausteine nutzbar gemacht werden. Insofern könnte den Naturparken und dem Nationalpark hier eine Art Vorreiterrolle für andere tourismusrelevante Akteure zufallen.
3. Ein System dieser Größenordnung birgt die Gefahr, die Naturparke, die regelmäßig mit geringen personellen und finanziellen Ressourcen ausgestattet sind, auf lange Sicht zu überfordern, wenn sie mit dieser Aufgabe allein gelassen werden. Auch wenn für eine begrenzte Anlaufphase (siehe Projektablaufplan in Abschnitt 0) eine finanzielle Förderung möglich ist, sind die langfristig entstehenden Kosten unter Umständen für einige Naturparke mit der derzeitigen Ressourcenausstattung schwierig zu finanzieren.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass Kooperationen sowohl mit DMO verschiedener Ebenen als auch mit kommunalen Körperschaften die Erfolgsaussichten für einen dauerhaften Betrieb eines digitalen Besuchermanagementsystems deutlich steigern. Dies sollte bei der Gestaltung von organisatorischem Projektablauf (vgl. Abschnitt 5.8.2) und Finanzierungsoptionen (vgl. Abschnitt 5.9.3) beachtet werden.

5.7 Rechtliche, ökologische und soziale Aspekte

Zu den besonders relevanten rechtlichen Aspekten gehören im Hinblick auf die lokale Sensorik das Datenschutzrecht und das Naturschutzrecht.

5.7.1 Datenschutzrecht

Die 2018 in Kraft getretene europäische Datenschutzgrundverordnung regelt den Umgang mit personenbezogenen Daten. Insbesondere definiert sie die Anforderungen, unter welchen Bedingungen personenbezogene Daten verarbeitet werden dürfen. Daten sind im Sinne der Verordnung, „… sobald die Identifizierung einer Person aufgrund der vorhandenen Daten möglich ist, was bedeutet, dass eine Person direkt oder indirekt mittels Zuordnung zu einem Kennungsmerkmal ermittelt werden kann. Dies ist der Fall, sobald die Zuordnung der Daten zu einem oder mehreren Charakteristika, die Ausdruck der physischen, physiologischen, psychischen, genetischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser natürlichen Person sind, möglich ist.“ (Voigt & Bussche, 2018, S. 13).

Sobald also personenbezogene Daten verarbeitet werden, sind Maßnahmen nach der DSGVO zu ergreifen. Bei der Implementierung solcher Maßnahmen kann das „Standard-Datenschutzmodell“ als Sammlung von Bausteinen helfen (Konferenz der unabhängigen Datenschutzaufsichtsbehörden des Bundes und der Länder, 2020). Die Maßnahmen, die im Fall der Verarbeitung personenbezogener Daten zu treffen sind, sind umfangreich und beginnen bei der Begründung des berechtigten Interesses an der Verarbeitung personenbezogener Daten (Gieschen et al., 2019). Die Maßnahmen sind unter Umständen von der Art der Datenerhebung abhängig: So ist etwa bei der Anbringung von Videokameras ein Warnhinweis anzubringen (European Data Protection Board, 2020, 26 ff.).

Um der Anforderung der Datenminimierung Rechnung zu tragen (Art. 5.1.c DSGVO), sind grundsätzlich solche Sensoren zu verwenden, bei denen keine personenbezogenen Daten verarbeitet werden. Das gilt z. B. für die hier empfohlenen Durchgangszähler auf Basis von Überkopf-Laserscannern oder passiven Infrarotsensoren. Sollen andere Sensoren verwendet werden (z. B. basierend auf Videokameras), so ist jeweils nachzuweisen, dass es dafür ein berechtigtes Interesse gibt. Insbesondere sind die Hersteller solcher Sensoren aufzufordern, nachzuweisen, dass personenbezogenen Daten nur so weit verarbeitet werden, wie es für den Einsatzzweck erforderlich ist. Das kann beispielsweise bedeuten, dass Kamerabilder bereits im Gerät vektorisiert werden, so dass personenbezogenen Daten nur für kurze Zeit und nur in der Kamera verarbeitet werden (Edge-Computing, also Verarbeitung im Endgerät). Analoges gilt für die Nutzung von Wifi-basierten Zählgeräten, bei denen die Verarbeitung der kurzfristig gespeicherten MAC-Adressen im Endgerät geschieht und nur nicht-personenbezogene Daten übermittelt werden.

Die Landesbeauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit Nordrhein-Westfalen hat ebenfalls darauf verwiesen, dass vorrangig zu prüfen ist, „inwieweit eine Verarbeitung von Daten ohne Personenbezug für die verfolgten Zwecke geeignet wäre“. Diesem Grundgedanken folgt auch das vorliegende Gutachten.

Weiter teilt das LDI mit: „Weitergehende Erfahrungen zu dem Thema einer automatisierten digitalen Besucherlenkung in den Großschutzgebieten Nordrhein-Westfalens liegen hier nicht vor. Auch sind in datenschutzrechtlicher Hinsicht keine speziellen, themenrelevanten Regeln in NRW bekannt“. Im Folgenden nimmt der Text der LDI-Mitteilung praktisch ausschließlich auf die Einsatzmöglichkeiten von Wifi-Signalzählern (siehe Abschnitt 3.1.1) Bezug und führt für den Fall der Erhebung personenbezogener Daten die aus der DSGVO resultierenden Rechte und Pflichten detailliert aus. Zum möglichen Zweck der Datenerhebung sagt das LDI: „In Betracht kommen könnte insbesondere, dass Erhebungen aufgrund der Einschränkungen in der Pandemie-Situation durchgeführt werden sollen, da diese zu einem Anstieg des privaten Ausflugsverkehrs und zu Belastungsspitzen oder ‚Overtourism‘ insbesondere in Naturräumen führen. Andererseits kann in Betracht kommen, dass infolge künftiger Lockerungen ein Anstieg des Tagesausflugsverkehrs resultieren kann.“

5.7.2 Naturschutz- und Immissionsschutzrecht

Naturschutz-, Immissionsschutz- und Baurecht können insofern Anwendung finden, als lokale Sensorik in der Landschaft verbaut werden muss und deshalb Eingriffe in die Landschaft nicht von vornherein auszuschließen sind. Das kann theoretisch sowohl die Durchführung baulicher Maßnahmen als auch die Übertragung von Daten durch elektromagnetische Wellen betreffen.

In dem hier vorliegenden Fall sind solche Eingriffe an Punkten geplant, die ohnehin unter nicht unerheblichem menschlichem Einfluss stehen (Parkplätze und Wege mit nennenswerter Frequenz). Daher ist nicht davon auszugehen, dass die hier vorgeschlagenen baulichen Maßnahmen (etwa die Installation eines Laserscanners an einem Baum oder eines Pyrosensors an einem Weg) zu nennenswerten und rechtlich relevanten Eingriffen führen werden. Auch die elektromagnetische Strahlung durch die Nutzung von Mobilfunksendeeinrichtungen (Mobilfunkmodem) bewegt sich im Bereich eines handelsüblichen Smartphones (bis zu 1 W, max. 2 W im 900 MHz-Band, Sauter, 2018).

5.7.3 Flächenverfügbarkeit und Eigentumsrechte, Baurecht

Die für die Installation von lokaler Sensorik vorgeschlagenen Messpunkte liegen auf Flächen mit unterschiedlichen Eigentumsrechten. Teilweise sind die Großschutzgebiete selbst Eigentümer oder Betreiber der Flächen, teilweise liegen die Flächen in öffentlicher (kommunaler, staatlicher) oder privater Hand. Die Installation der Sensoren sollte deshalb in Abstimmung mit den Flächeneigentümern erfolgen, ggf. ist sogar eine Genehmigung der Flächeneigentümer notwendig.

Ob die zu errichtenden Sensoren eine bauliche Anlage im Sinne des §29 BauGB darstellen, kann in diesem Gutachten nicht geklärt werden. Da die überwiegende Zahl der geplanten Sensoren aber lediglich eine Zusatzausstattung zu einem bestehenden Parkplatz oder Weg darstellen, ist hier zunächst nicht von Konflikten auszugehen.

5.7.4 Ökologische und soziale Aspekte

Als mögliche ökologische und soziale Wirkungen kommen in Betracht

- Strom- und Ressourcenverbrauch des Gesamtsystems
- Beeinträchtigung von Natur und Landschaft
- Beeinträchtigung des Naturerlebnisses (Beobachtungsgefühl)

Der Stromverbrauch des Gesamtsystems kann nur geschätzt werden. Er ergibt sich aus dem Strombedarf der Sensoren und dem Strombedarf der notwendigen Datenhubs. Da die meisten Sensoren für den autarken Betrieb (Solarstrom plus Akkupufferung) vorgesehen sind, ist der hier anfallende Stromverbrauch (Betrieb, Datenübertragung) zu vernachlässigen. Für den Betrieb von Datenhubs (in diesem Fall: Cloudspeicher) nimmt das Umweltbundesamt eine Emissionsmenge von 105 bis 153 kg CO_2-Äquivalent pro Terabyte Speicherkapazität an (Köhn et al., 2020, S. 4). Basierend auf Erfahrungswerten der Open-Data-Plattform Schleswig-Holstein kann ein Speicherbedarf pro Sensor und Jahr auf 2–20 MB, je nach Datendichte, geschätzt werden. Bei 300 Sensoren ergibt sich ein Speicherbedarf von 0,6 bis 6 GB oder bis 0,006 TB pro Jahr, was einer CO_2-Emission von weniger als 1 kg CO_2 entspricht. Allerdings vervielfältigt sich dieser Wert, wenn die Daten immer wieder zwischen Datahubs ausgetauscht werden. Auch die Verbreitung der Daten (Deployment) produziert Energieverbräuche, insbesondere, wenn mobile Endgeräte zum Einsatz kommen. Eine Bemessung dieser Verbräuche liegt aber, ebenso wie die Bemessung von Verbräuchen anderer Ressourcen, außerhalb des Gegenstandes dieses Gutachtens.

Eine Beeinträchtigung von Natur und Landschaft ist möglich, weil Artefakte in die Landschaft eingebracht werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass an Parkplätzen ohnehin technische Geräte (Fahrzeuge) vorhanden sind und die Bauart der meisten Wegezähler so unauffällig ist, dass eine ernsthafte Beeinträchtigung von Natur und Landschaft nicht zu erwarten ist.

Eine Beeinträchtigung des Naturerlebnisses durch Touristen oder Ausflügler könnte durch das Gefühl entstehen, beobachtet zu werden. Um dem entgegenzuwirken, ist es empfehlenswert, auf vorhandene Sensoren hinzuweisen, deren Funktion und Wirkungsweise zu erklären und zugleich auf die digitalen Wege, auf denen die Daten dieser Sensoren zugänglich sind, zu verweisen (Infotafel).

5.8 Projektablaufplan

5.8.1 Zeitlicher Projektablauf

Für die Implementierung eines Systems dieser Größenordnung können drei Phasen unterschieden werden:

- Aufbau-Phase, ca. 18 Monate
- Stabilisierungsphase, ca. 18 Monate
- Laufender Betrieb, dauerhaft.

In der Aufbauphase muss möglichst schnell mit der Installation lokaler Sensorik und dem Sammeln von Messdaten begonnen werden. Außerdem fallen in der Aufbauphase die Entwicklung und der Einsatz des Sensor-Hubs an. Parallel werden erste Erfahrungen mit den Deployment- und Kommunikationsmaßahmen gesammelt. Dazu ist personelle Unterstützung im vollen Umfang erforderlich. Außerdem werden die Maßnahmen der Stabilisierungsphase vorbereitet.

In der Stabilisierungsphase werden insbesondere das Recommendersystem (das auf Zeitreihendaten angewiesen ist) und lokale und zentrale Deployment- und Kommunikationsmaßnahmen implementiert.

Eine Evaluation/wissenschaftliche Begleitung insbesondere des Systemfortschritts und der Systemeffektivität könnten parallel mindestens in der Stabilisierungsphase erfolgen, Kosten dafür sind aber nicht im Gesamtkostenrahmen enthalten.

Eine Förderung (siehe Abschnitt 5.9.3) ist zumindest für die ersten beiden Phasen und damit für einen dreijährigen Projektzeitraum erforderlich.

Es ist davon auszugehen, dass sich das System nach den ersten beiden Projektphasen so weit eingespielt hat, dass eine weitere Förderung nicht mehr notwendig erscheint. Auch das Vorhalten von eigenen Personalstellen, die in den ersten beiden Phasen notwendig sind, kann dann entfallen.

5.8.2 Organisatorischer Projektablauf

In Abschnitt 5.6 wurde die Notwendigkeit zentraler und lokaler Aufgabenerledigung begründet. Der Gutachter kann keine Empfehlungen geben, welche Organisationen konkret als Projektumsetzer und damit ggf. Antragsteller in einem Förderprogramm in Frage kommen. Strukturell ist aber die folgende Aufteilung empfehlenswert:

- Zentrale Aufgaben: Organisationen, die eine landesweite Tourismus- und Besuchermanagementperspektive entwickeln können, groß genug für die Umsetzung der Aufgaben sind und für die eine dauerhafte Finanzierung sichergestellt ist. Wegen der Nähe der zu implementierenden technischen Lösungen (Sensorhub, Recommender) zum Projekt

TDM sollte hier eine ausreichende Kooperationsfähigkeit mit dem TDM-Projekt sichergestellt sein. Die zentralen Aufgaben werden idealerweise von einer Organisation übernommen, eine Verbundlösung mit definierter Aufgabenteilung ist aber ebenfalls denkbar.

- Lokale Aufgaben: Es wird vorgeschlagen, die Implementierung lokaler Aufgaben an vier oder fünf Cluster von Naturparken zu übertragen. Ein eigenes Umsetzungsmanagement für jeden Naturpark würde zu einer unnötigen Aufblähung des Systems führen. Ob diese Cluster allein durch die Schutzgebietsverwaltungen ins Leben gerufen werden oder ob Kommunen, DMO oder auch andere relevante Organisationen sich dabei beteiligen sollen, ist pauschal nicht zu bewerten. Dazu sind die Situationen vor Ort zu unterschiedlich. Jedenfalls ist noch einmal eindringlich auf die Notwendigkeit der Kooperationsoffenheit (vgl. Abschnitt 5.6.3) hinzuweisen.

Im Ergebnis gibt es eine zentrale Organisation und rund fünf Cluster, die auch personell hinterlegt werden sollten (vgl. Kostenkalkulation in Abschnitt 5.9.1).

5.9 Grobkalkulation und Finanzierung

5.9.1 Grobkalkulation Projektlaufzeit drei Jahre

Die Grobkalkulation basiert auf Kostenschätzungen der Industrie und auf Erfahrungswerten. Diese Kostenschätzungen sind indikativ und haben den Zweck, das Volumen des Projektes und seiner Bestandteile zu schätzen. Wird das Projekt durchgeführt, so sind viele der hier beschriebenen Leistungen per Ausschreibung zu vergeben. Erst dann wird sich ein tatsächlicher Marktpreis für die hier beschriebenen Projektbestandteile ergeben.

Alle derzeit abschätzbaren anfallenden Kosten für eine dreijährige Projektphase sind in Tabelle 17 dargestellt. Die einzelnen Kostenpositionen werden im Folgenden erläutert.

- S1: Kosten für 39 Sensoren auf Parkplätzen der Kategorie 1 und 2 (Stromversorgung gegeben). Die Kosten pro Sensor werden auf durchschnittlich 4.760 € brutto (4.000 € netto) geschätzt. Darin sind die Kosten für die durchschnittlich zu erwartenden Installationsarbeiten (1.500 € netto), die Kosten für die Hardware (2.000 € netto) und 500 € (netto) als Reserve enthalten.
- S2: Für die Parkplätze des Kategorie 3 (ohne Stromversorgung) sind Kosten in Höhe von 11.900 € vorgehsehen. Die Kosten für Hardware, Installation und Reserve sind identisch zu S1, für die autarke Stromversorgung sind 6.000 € netto vorgesehen. Das ist ein durchschnittlich zu erwartender Mischwert, der bei Batteriebetrieb unter- und bei Solarbetrieb mit Akkupufferung ggf. überschritten wird. Gerade der Preis für Solarpaneele schwankt aber stark so dass eine Kostenschätzung hier besonders schwierig ist.

- S3: Für Wegezähler der Kategorien 1/2 (mir Stromversorgung) sind 3.570 € je Sensor vorgesehen, darin 1.500 € (netto) für di Hardware, 1.00 € (netto) für die Installation und 500 € (netto) als Reserve)
- S4: Für Wegezähler der Kategorien 3/4 (ohne Stromversorgung) sind die gleichen Kosten wie in S3, aber für Hardware ein Wert von 2.000 € (netto) für die autarke Stromversorgung (Batteriebetrieb) vorgesehen,
- S5: Für den Betrieb der lokalen Sensorik wurden durchschnittlich 47,60 € (brutto) je Sensor und Monat angesetzt. Das beinhaltet jeweils 10 € (netto) für Kommunikation und den Cloudservice. Die Kosten für den Cloudservice variieren allerdings stark zwischen den Herstellern. Weitere 20 € netto sind als Wartungspauschale angesetzt.
- S6: Hier handelt es sich um geschätzte Kosten für den Bezug von landesweiten Daten aus globaler Sensorik, um Quell- und Zielbeziehungen transparent zu machen und damit die Daten aus lokaler Sensorik zu ergänzen. Die Kostenschätzung orientiert sich an Erfahrungswerten aus kleineren Vergleichsprojekten und wird einmal pro Projektjahr angesetzt.
- S7: Hier handelt es sich um die geschätzten Entwicklungskosten (150.000 € netto) für einen landesweiten Sensor-Hub, die zentral und einmalig anfallen.
- S8: Die laufenden Lizenzkosten für einen Sensorhub (8.500 € netto je Monat) orientieren sich derzeit gängigen Lizenzmodellen.
- S9: Hier handelt es sich um die geschätzten Entwicklungskosten (200.000 € netto) für einen landesweiten Recommender, die zentral und einmalig anfallen.
- S10: Die Nutzungskosten für einen Recommender während der Projektlaufzeit sind derzeit nicht seriös abschätzbar und sollten im Zuge der Vergabe für S9 berücksichtigt werden.
- S11: Hier handelt es sich um Sachkosten für die deploymentunterstützende Kommunikation in den fünf vorgeschlagenen Clustern. Kalkuliert wurden 20.000 € netto je Cluster und Jahr.
- S12: Desgleichen, aber für deploymentunterstützende Kommunikation auf Landesebene. Kalkuliert wurden 50.000 € (netto) je Jahr.
- P1: Dies sind Personalkosten für das lokale Management in den fünf vorgeschlagenen Clustern. Vorgeschlagen werden je Cluster 1,5 VZÄ, um eine möglichst kontinuierliche Arbeit ohne längere Abwesenheiten (Urlaub, Krankheit, Fortbildung etc.). Kalkuliert wurde auf Basis TVÖD E11 mit 76.000 € je VZÄ je Cluster je Jahr.
- P2: Dies sind die Personalkosten für das zentrale Management. Kalkuliert wurden 1,0 VZÄ auf Basis TVÖD E13 mit 78.000 € je Jahr und 1,0 VZÄ auf Basis TVÖD E14 mit 90.000 € je Jahr.

Tabelle 17: Kostenschätzung (indikativ)

Pos.	Kategorie	Gegenstand	Inhalt	Menge	Termine	Einzelkosten brutto	Kosten Gesamt brutto	Periodizität	Periodizität 2	Zuordnung
S1	Sachkosten	Installation Lokale Sensorik	Parkplatz Kat 1/2, inkl. Installation	39	1	4.760 €	185.640 €	einmalig	Einmalig	Lokal
S2	Sachkosten	Installation Lokale Sensorik	Parkplatz Kat 3, inkl. Installation	213	1	11.900 €	2.534.700 €	einmalig	Einmalig	Lokal
S3	Sachkosten	Installation Lokale Sensorik	Wegezähler Kat 1/2, inkl. Installation	15	1	3.570 €	53.550 €	einmalig	Einmalig	Lokal
S4	Sachkosten	Installation Lokale Sensorik	Wegezähler Kat 3/4, inkl. Installation	27	1	4.165 €	112.455 €	einmalig	Einmalig	Lokal
S5	Sachkosten	Betrieb Lokale Sensorik	Kommunikation, Wartung, Cloudservice, je Sensor, je Monat (36 Monate), pauschal	294	36	48 €	503.798 €	monatlich	Laufend	Lokal
S6	Sachkosten	Globale Sensorik	Landesweite Daten, je Jahr	1	3	200.000 €	600.000 €	jährlich	Laufend	Zentral
S7	Sachkosten	Entwicklung Sensor Hub inkl. API	Entwicklungskosten, geschätzt	1	1	178.500 €	178.500 €	einmalig	Einmalig	Zentral
S8	Sachkosten	Nutzung Sensor Hub inkl. API	Lizenzkosten, je Monat, in Anlehnung an bestehende Lizenzmodelle	1	36	10.115 €	364.140 €	monatlich	Laufend	Zentral
S9	Sachkosten	Entwicklung Recommender	Entwicklungskosten, geschätzt	1	1	238.000 €	238.000 €	einmalig	Einmalig	Zentral
S10	Sachkosten	Nutzung Recommender	in Sensor Hub enthalten	0	0	- €	- €	monatlich	Laufend	Zentral
S11	Sachkosten	Kommunikation	Sachkosten für Deployment und Kommunikation vor Ort, je Cluster, je Jahr	5	3	23.800 €	357.000 €	jährlich	Laufend	Lokal
S12	Sachkosten	Kommunikation	Sachkosten für Deployment und Kommunikation zentral, je Jahr	1	3	50.000 €	150.000 €	jährlich	Laufend	Zentral
P1	Personalkosten	Lokales Management	1,5 VZÄ E11 (Jahreskosten 76.000), je Cluster, je Jahr	5	3	114.000 €	1.710.000 €	jährlich	Laufend	Lokal
P2	Personalkosten	Zentrales Management	1,0 VZÄ E13 (Jahreskosten 78.000), 1,0 VZÄ E14 (Jahreskosten 90.000) je Jahr	1	3	168.000 €	504.000 €	jährlich	Laufend	Zentral

© 2021 NIT

Zusammengefasst ergibt sich der in Tabelle 18 dargestellt Kostenrahmen für eine dreijährige Projektlaufzeit.

Tabelle 18: Kostenrahmen für eine dreijährige Projektlaufzeit

Kostenart	Zentral	Lokal	Einmalig	Laufend	Gesamt
Personalkosten	504.000 €	1.710.000 €	0 €	2.214.000 €	2.214.000 €
Sachkosten	1.530.640 €	3.747.143 €	3.302.845 €	1.974.938 €	5.277.783 €
Gesamt	2.034.640 €	5.457.143 €	3.302.845 €	4.188.938 €	7.491.783 €

5.9.2 Laufende Kosten nach Projektende

Für die laufenden Kosten nach Projektende lassen sich nach derzeitigem Kenntnisstand etwa folgende Kosten ansetzen:

- Für Sensoren (Kommunikation, Cloudservice, Wartung): ca. 50 € (brutto) je Sensor monatlich
- Für den Betrieb eines landesweiten zentralen Sensor-Hubs ca. 10.115 € (brutto) je Monat.

Auch diese Kosten sind indikativ und dienen lediglich der Orientierung. Personalkosten sind hier nicht enthalten. Es ist davon auszugehen, dass für den Betrieb eines solchen Systems dauerhaft Personalkapazitäten benötigt werden. Diese werden jedoch voraussichtlich deutlich geringer ausfallen in den ersten beiden Phasen. Zudem hätten die beteiligten Organisationen drei Jahre Zeit, Erfahrungen mit dem System zu sammeln und eine Verstetigung der Personalressourcen durch Integration in die grundständigen Aufgaben zu planen.

5.9.3 Finanzierung

In den Gesprächen während der Gutachtenerstellung wurde deutlich, dass ein solches Projekt nur mit substanzieller, im Idealfall einhundertprozentiger Förderung für die Großschutzgebiete zu realisieren ist.

Idealvorstellung für eine solche Förderung wäre ein Förderrahmen, in dem die Vorhabenbeschreibung und Bewilligung einmal erfolgt und aus dem die Antragsteller dann Mittel in einem vereinfachten Verfahren beantragen können. Eine solche Vorstellung scheint nach gegenwärtigem Kenntnisstand aber nicht realisierbar.

Zur Förderquote wurde bereits in der schriftlichen Projektinformation vom 19. April 2021 festgehalten:

„Hinsichtlich der Förderquote sieht das MULNV NRW derzeit keine Möglichkeit, eine einhundertprozentige Förderung aus EFRE-Mitteln zu erreichen. Sofern sich Fördermöglichkeiten im Bereich des MULNV mit höherer Förderquote ergeben, werden diese vom MULNV kurzfristig kommuniziert.

Zusammengefasst zeichnen sich derzeit drei mögliche Förderwege ab:

Nutzung von REACT-Mitteln, Laufzeit bis März 2023, Antragstellung durch Kommunen (Gemeinden, Kreise) mit einer Förderquote bis zu 100 %

Nutzung von REACT-Mitteln, Laufzeit bis März 2023, Antragstellung durch Zweckverbände, Vereine oder in anderen Rechtsformen mit einer Förderquote bis zu 80 %

Nutzung des neuen EFRE-Programms, Laufzeit voraussichtlich ab Ende 2022 mit einer Förderquote bis zu 80 %.

Eine Splittung der vorgesehenen dreijährigen Initialphase in eine erste ca. 18-monatige Aufbau-Phase (bis März 2023) und eine zweite, ca. 18-monatige Stabilisierungs-Phase erscheint schwierig. Offen ist vor allem, ob es für die Stabilisierungsphase eine Förderung geben könnte.“

An diesem Stand hat sich nach Kenntnis des Gutachters bislang nichts geändert.

In den Gesprächen während der Gutachtenerstellung zeichnete sich ab, dass die Vertreter der Großschutzgebiete teilweise unterschiedliche Perspektiven auf die Finanzierung haben. So gibt es Naturparke, die eine Kofinanzierung für nicht völlig ausgeschlossen halten, während andere dafür keinerlei Spielräume sehen. Der Gutachter weist darauf hin, dass eine nur teilweise Umsetzung des digitalen Besuchermanagements in einigen Naturparken substanzielle Nachteile hätte. Dazu gehört, dass eine größere Flächendeckung eine effektivere Ansprache der Konsumenten erlaubt (Bekanntheit des Systems durch öffentliche Aufmerksamkeit, Vorreiterrolle NRWs) und große Teile der zentralen Kosten nicht von der Zahl der Teilnehmer an dem Projekt abhängen: Je mehr Teilnehmer, desto geringer die Anteile an den zentralen Kosten. Es gibt also klare Effektivitätsvorteile eines zentralisierten Systems mit möglichst vielen Teilnehmenden.

6 Anhang

6.1 Gespräche mit der Industrie

Die folgenden Gesprächspartner standen für Hintergrundgespräche und Kostenschätzungen zu den Elementen eine digitalen Besuchermanagementsystems zur Verfügung.

Tabelle 19: Gesprächspartner Industrie

Name	Unternehmen	Kompetenzbereich
Michael Moran	Cleverciti Systems GmbH, München	Parkraumüberwachung
Jan Fischer	Eco-Counter GmbH, Köln	Personenzählung Outdoor
Lukas Baldischwieler, Arne Ennenga	EvoCount GmbH, Kaiserslautern	Personen-/Fahrzeugzählung indoor und outdoor
Oliver Riegger, Marc Albrecht	Hectronic GmbH, Bonndorf	Parkraumüberwachung
Stefan Huber	Hubermedia GmbH, Lam	Datenmanagement, integrierte Lösungen
Robert Klauser	infomax websolutions GmbH, Grassau	Datenmanagement, integrierte Lösungen
Malte van Marwik	LASE PeCo Systemtechnik GmbH, Wesel	Laserbasierte Personen- und Fahrzeugzählung
Marc Assmann, Christoph Wemheuer	Lufthansa Industry Solutions GmbH & Co. KG, Norderstedt	Datenmanagement, integrierte Lösungen

6.2 Gespräche mit den Schutzgebietsverwaltungen

6.2.1 Gesprächspartner

Mit den folgenden Gesprächspartnern wurden jeweils ein- bis zweistündige Gespräche zur Situation in den Naturparken, insbesondere zu neuralgischen Punkten (Punkte, an denen es in der Vergangenheit zu Überfüllung und/oder Konflikten mit Einwohnenden gekommen ist) und geeigneten Mess-Punkten geführt. Die Leitfragen im Anschluss wiedergegeben.

Schutzgebiet	Gesprächspartner	Datum
Nationalpark Eifel	Michael Lammertz, Juliana Dörstel	22.2.21
Naturpark Arnsberger Wald	Jens Hoheisel	23.2.21
Naturpark Bergisches Land	Jens Eichner, Wastl Roth-Seefrid, Felix Knopp	9.3.21
Naturpark Diemelsee	Dieter Pollack	12.3.21
Naturpark Hohe Mark	Dagmar Beckmann, Martin Wirtz	11.3.21
Naturpark Nordeifel	Dominik Hosters	19.2.21
Naturpark Rheinland	Harald Sauer, Frank Scheer, Dominik Liebenstein	11.3.21
Naturpark Sauerland Rothaargebirge	Detlef Lins, Georg Schmitz, Sabine Risse, Thorsten Engels, Jürgen Fischbach	18.2.21
Naturpark Schwalm-Nette	Michael Puschmann, Iris Bösch, Till Ermecke, Johann Baier	18.2.21
Naturpark Siebengebirge	Brigitte Kohlhaas, Linus Steinbach, Carmen Döhnert	10.3.21
Naturpark und Geopark TERRA.vita	Hans-Hartmut Escher, Michael Hein	8.3.21

Naturpark Teutoburger Wald/Eggegebirge	Birgit Hübner	22.2.21
Naturpark Dümmer	*kein Gespräch*	

6.2.2 Leitfragen

a) Besuchervolumen und -struktur
   a) Angaben zur Besucherzahl (2019 und 2020, wenn keine absoluten Angaben möglich, Veränderungen beschreiben)
   b) Verteilung der Besucher in der Fläche
   c) Hauptherkunftsgebiete (Wohnorte, Übernachtungsorte)
   d) Hauptaktivitäten (Spazieren, Wandern, Trekking, Radfahren, Mountainbiken etc.)

b) Neuralgische Punkte (das sind Punkte, an denen es in der Vergangenheit zu Überfüllung und/oder Konflikten mit Einwohnenden gekommen ist)
   a. Parkplätze
   b. Pfade und Wege
   c. Besucherzentren
   d. PoI
   e. Andere

c) Alternativen zu neuralgischen Punkten (das sind Punkte, die man Nutzerinnen und Nutzern als Alternative zu den neuralgischen Punkten empfehlen könnte)

d) Vorhandene und geeignete Mess-Stellen und Messtechnik (inkl. Ausstattung mit Stromanschluss 230 V, Versorgung mit Datenanschluss Kabel/Funk)
   a. Parkplätze
   b. Pfade und Wege
   c. Besucherzentren
   d. PoI
   e. Andere
   f. Zusätzlich: Transaktionsdaten (Kassensysteme etc.)

e) Vorhandene/genutzte Kanäle, um Nutzer zu erreichen
   a. Websites
   b. Social-Media-Kanäle
   c. Mobile Apps/PWA
   d. Verkehrslenkungssysteme
   e. Andere

f) Organisation
   a. Personelle Ressourcen insgesamt und für das Thema Besuchermanagement/Besucherlenkung/SÖM etc.
   b. Priorität des Themas Besuchermanagement/Besucherlenkung für das Schutzgebiet
   c. Teilnahmebereitschaft und Rahmenbedingungen für die Implementierung von Maßnahmen zur Besucherlenkung (finanzielle Beteiligung)

g) Weitere Punkte

6.3 Gespräche mit anderen Organisationen

Ein geplantes Gespräch mit der Landesbeauftragten für Datenschutz und Informationsfreiheit (LDI) hat bisher nicht stattgefunden, allerdings liegt eine schriftliche Stellungnahme des Referats 6 vom 6. Mai 2021 (auf die Anfrage des Gutachters vom 28. Januar 2021) mit dem Aktenzeichen 61-1030/21 vor.

Mit dem Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (Ref. III-1 und III-5) wurden mehrere Abstimmungsgespräche während der Projektlaufzeit geführt.

Außerdem fand ein Abstimmungsgespräch mit Dr. Stefan Türk, Deutsche Sporthochschule Köln (Institut für Outdoor Sport und Umweltforschung) zu der geplanten Studie zur Naturnutzung im Rheinland statt.

6.4 Literatur

Ahas, R., Aasa, A., Roose, A., Mark, Ü. & Silm, S. (2008). Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study. *Tourism Management*, *29*(3), 469–486. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2007.05.014

Albrecht, J. N. (2014). Micro-mobility patterns and service blueprints as foundations for visitor management planning. *Journal of Sustainable Tourism*, *22*(7), 1052–1070. https://doi.org/10.1080/09669582.2013.847945

Albrecht, J. N. (2017). Introduction to visitor management in tourism destinations. In J. N. Albrecht (Hg.), *CABI series in tourism management research. Visitor management in tourism destinations* (S. 3–8). CABI.

Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (Hg.). (2021). *ADFC-Radreiseanalyse 2021 (Präsentation)*. https://www.adfc.de/artikel/adfc-radreiseanalyse-2021

Angele, K., Fensel, D., Huaman, E., Kärle, E., Panasiuk, O., Şimşek, U., Toma, I. & Wahler, A. (2020). Semantic Web Empowered E-Tourism. In Z. Xiang, M. Fuchs, U. Gretzel & W. Höpken (Hg.), *Handbook of e-Tourism* (S. 1–46). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05324-6_22-1

Arnberger, A. (2013). Besuchermanagement aus internationaler Sicht - Ein Überblick über Forschungen und Anwendungen. In C. Clivaz, R. Rupf & D. Siegrist (Hg.), *Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum: Bd. 10. VISIMAN: Beiträge zu Besuchermonitoring und Besuchermanagement in Pärken und naturnahen Erholungsgebieten* (S. 15–26).

Arnberger, A. (2015). Lenkung von Besucherströmen aus Sicht der Erholungsplanung – Ein Überblick. In R. Egger & K. Luger (Hg.), *Tourismus und mobile Freizeit: Lebensformen, Trends, Herausforderungen* (S. 281–298). Books on Demand.

Bauder, M. & Hologa, R. (2020). Neue Datenquellen des Web 2.0 - crowdsourcing und crowdharvesting. In H. Gebhardt, R. Glaser, U. Radtke, P. Reuber & A. Vött (Hg.), *Lehrbuch. Geographie: Physische Geographie und Humangeographie* (3. Aufl., S. 197–201). Springer-Verlag GmbH; Springer Nature.

Beeco, J. A. & Brown, G. (2013). Integrating space, spatial tools, and spatial analysis into the human dimensions of parks and outdoor recreation. *Applied Geography*, *38*, 76–85. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.013

Beeco, J. A., Huang, W.-J., Hallo, J. C., Norman, W. C., McGehee, N. G., McGee, J. & Goetcheus, C. (2013). GPS Tracking of Travel Routes of Wanderers and Planners. *Tourism Geographies*, *15*(3), 551–573. https://doi.org/10.1080/14616688.2012.726267

Bieger, T. & Beritelli, P. (2013). *Management von Destinationen*. *Lehr- und Handbücher zu Tourismus, Verkehr und Freizeit*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. https://doi.org/10.1524/9783486721188

BTE Tourismus- und Regionalberatung (Hg.). (2018). *Wandertourismus in Deutschland 2018*. https://www.bte-tourismus.de/2018/11/09/wandertourismus-und-digitalisierung/

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hg.). (2017). *Smart City Charta: Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten*. https://www.smart-cities-made-in.de/media/wbzeimtx/smart-city-charta-dl.pdf

Bushell, R. & Eagles, P. F. J. (2006). *Tourism and protected areas: Benefits beyond boundaries*. CABI Pub. http://site.ebrary.com/lib/academiccompletetitles/home.action

Cicirelli, F., Guerrieri, A., Mastroianni, C., Spezzano, G. & Vinci, A. (Hg.). (2019). *Internet of Things, Technology, Communications and Computing*. *The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96550-5

Clement, R., Schreiber, D., Bossauer, P. & Pakusch, C. (2019). *Internet-Ökonomie: Grundlagen und Fallbeispiele der digitalen und vernetzten Wirtschaft* (4th ed. 2019). Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59829-0

Clivaz, C., Rupf, R. & Siegrist, D. (2013a). Besuchermonitoring als Basis des Besuchermanagement. In C. Clivaz, R. Rupf & D. Siegrist (Hg.), *Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum: Bd. 10. VISIMAN: Beiträge zu Besuchermonitoring und Besuchermanagement in Pärken und naturnahen Erholungsgebieten* (S. 11–14).

Clivaz, C., Rupf, R. & Siegrist, D. (Hg.). (2013b). *Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum: Bd. 10. VISIMAN: Beiträge zu Besuchermonitoring und Besuchermanagement in Pärken und naturnahen Erholungsgebieten.*

Coppes, J. & Braunisch, V. (2013). Managing visitors in nature areas: where do they leave the trails? A spatial model. *Wildlife Biology*, *19*(1), 1–11. https://doi.org/10.2981/12-054

Deutscher Tourismusverband e.V. (2021). *Besucherlenkung in touristischen Destinationen: Handlungsleitfaden*. https://www.deutschertourismusverband.de/fileadmin/Mediendatenbank/Bilder/Qualitaet/DTV_Handlungsleitfaden_Besucherlenkung.pdf

Durbano, E. & Unterberg, P. (2013). Die Besuchermanagement-Plattform Eco-Visio. In C. Clivaz, R. Rupf & D. Siegrist (Hg.), *Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum: Bd. 10. VISIMAN: Beiträge zu Besuchermonitoring und Besuchermanagement in Pärken und naturnahen Erholungsgebieten* (51-54).

D'Zmura, M. (2020). *Behind the scenes: popular times and live busyness information*. https://blog.google/products/maps/maps101-popular-times-and-live-busyness-information/

Eagles, P. F. J., Halpenny, E. A., Moisey, R. N. & McCool, S. F. (2007). *Tourism in national parks and protected areas: Planning and management*. CABI Publishing.

Edwards, D. & Griffin, T. (2013). Understanding tourists' spatial behaviour: GPS tracking as an aid to sustainable destination management. *Journal of Sustainable Tourism*, *21*(4), 580–595. https://doi.org/10.1080/09669582.2013.776063

Eisenstein, B. & Schmücker, D. (2021). Overtourism?! Zur Tourismusakzeptanz der Bevölkerung in Deutschland. In S. Brandl, W. Berg, M. Herntrei, G. C. Steckenbauer & S. Lachmann-Falkner (Hg.), *Schriften zu Tourismus und Freizeit: Bd. 25. Tourismus und ländlicher Raum: Innovative Strategien und Instrument für die Zukunftsgestaltung* (S. 33–48).

European Data Protection Board. (2020). *Guidelines 3/2019 on processing of personal data through video devices Version 2.0*. https://edpb.europa.eu/sites/default/files/files/file1/edpb_guidelines_201903_video_devices.pdf

Farsi, M., Daneshkhah, A., Hosseinian-Far, A. & Jahankhani, H. (2020). *Digital twin technologies and smart cities*. *Internet of things*. Springer.

Femenia-Serra, F. & Neuhofer, B. (2018). Smart tourism experiences: conceptualisation, key dimensions and research agenda. *Journal of Regional Research/Investigaciones Regionales*(42), 129–150. https://investigacionesregionales.org/wp-content/uploads/sites/3/2019/01/08-FEMENIA.pdf

Ferreira, S. & Harmse, A. (2014). Kruger National Park: tourism development and issues around the management of large numbers of tourists. *Journal of Ecotourism*, *13*(1), 16–34. https://doi.org/10.1080/14724049.2014.925907

Foody, G. M., See, L., Fritz, S., van der Velde, M., Perger, C., Schill, C., Boyd, D. S. & Comber, A. (2015). Accurate Attribute Mapping from Volunteered Geographic Information: Issues of Volunteer Quantity and Quality. *The Cartographic Journal*, *52*(4), 336–344. https://doi.org/10.1080/00087041.2015.1108658

Forst, R., Scherfose, V. & Porzelt, M. (Hg.). (2019). *Konflikte durch Erholungsnutzung in Großschutzgebieten und deren Entschärfung durch innovatives Besuchermanagement*. https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript520.pdf

Fortino, G. & Trunfio, P. *Internet of things based on smart objects: Technology, middleware and applications*. *Internet of things*. http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=601326

Garrod, B., Fyall, A. & Leask, A. (2006). Managing Visitor Impacts at Visitor Attractions: An International Assessment. *Current Issues in Tourism*, *9*(2), 125–151. https://doi.org/10.1080/13683500608668242

Gieschen, J.-H., Seidel, U. & Straub, S. (2019). *Rechtliche Herausforderungen bei Smart Services: Ein Leitfaden*. https://www.iit-berlin.de/iit-docs/4be3faecd86f41658582141e36616da5_Rechtliche-Herausforderungen_SSW.pdf

Glasson, J., Godfrey, K. & Goodey, B. (1995). *Towards visitor impact management: Visitor's impacts, carrying Capacity and management responses in Europe's*. *Urban and regional planning*. Avebury.

Hardy, A. (2020). *Tracking Tourists: Movement and mobility*. Goodfellow Publishers Ltd.

Hardy, A., Hyslop, S., Booth, K., Robards, B., Aryal, J., Gretzel, U. & Eccleston, R. (2017). Tracking tourists' travel with smartphone-based GPS technology: a methodological discussion. *Information Technology & Tourism*, *17*(3), 255–274. https://doi.org/10.1007/s40558-017-0086-3

Heikinheimo, V. (2020). *User-Generated Geographic Information for Understanding Human Activities in Nature* [PhD]. University of Helsinki, Helsinki. http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-6581-7

Heil, A. (2012). *Anwendungsentwicklung für Intelligente Umgebungen im Web Engineering*. Zugl.: Chemnitz, Techn. Univ., Diss., 2012. Springer.

Højlund, S., Oleijniczak, K., Petersson, G. J. & Rok, J. (2017). The Current Use of Big Data in Evaluation. In G. J. Petersson & J. D. Breul (Hg.), *Comparative policy evaluation: volume 24. Cyber society, big data, and evaluation* (S. 35–60). Transaction Publishers.

Hosters, D. (2019). Eifel-Trekking – zielgruppenorientierte Konfliktvermeidungsstrategie im Naturpark Nordeifel. In R. Forst, V. Scherfose & M. Porzelt (Hg.), *Konflikte durch Erholungsnutzung in Großschutzgebieten und deren Entschärfung durch innovatives Besuchermanagement* (S. 151–160).

Kärle, E., Simsek, U. & Fensel, D. (2020). *Building a Knowledge Graph from schema.org annotations.* https://doi.org/10.5281/zenodo.3814496

Kebete, Y. & Wondirad, A. (2019). Visitor management and sustainable destination management nexus in Zegie Peninsula, Northern Ethiopia. *Journal of Destination Marketing & Management*, *13*, 83–98. https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2019.03.006

Knapp, F. D. (1998). *Determinanten der Verkehrsmittelwahl*. *Abhandlungen zur Nationalökonomie*. Duncker & Humblot GmbH.

Köhn, M., Gröger, J. & Stobbe, L. (2020). *Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen: Ergebnisse des Forschungsprojektes „Green Cloud-Computing"*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/politische-handlungsempfehlungen-green-cloud-computing_2020_09_07.pdf

Konferenz der unabhängigen Datenschutzaufsichtsbehörden des Bundes und der Länder. (2020). *Das Standard-Datenschutzmodell Version 2.0b: Eine Methode zur Datenschutzberatung und -prüfung auf der Basis einheitlicher Gewährleistungsziele*. https://www.bfdi.bund.de/DE/Datenschutz/Themen/Technische_Anwendungen/TechnischeAnwendungenArtikel/Standard-Datenschutzmodell.html

Liebel, C. (2019). *Progressive Web Apps: Das Praxisbuch* (1. Aufl.). *Rheinwerk Computing*. Rheinwerk Verlag.

Liebenstein, D. (2019). Konflikte durch (Nah-)Erholungssuchende am Otto-Maigler-See im Naturpark Rheinland. In R. Forst, V. Scherfose & M. Porzelt (Hg.), *Konflikte durch Erholungsnutzung in Großschutzgebieten und deren Entschärfung durch innovatives Besuchermanagement* (S. 141–150).

Magut, E. (2019). NatursportPlaner – integratives Wegemanagement und rechtliche Aspekte des Natursports. In R. Forst, V. Scherfose & M. Porzelt (Hg.), *Konflikte durch Erholungsnutzung in Großschutzgebieten und deren Entschärfung durch innovatives Besuchermanagement* (S. 65–76).

Mason, P. (2005). Visitor Management in Protected Areas: From 'Hard' to 'Soft' Approaches? *Current Issues in Tourism*, *8*(2-3), 181–194. https://doi.org/10.1080/13683500508668213

Massimo, D. & Ricci, F. (2020). Next-POI Recommendations for the Smart Destination Era. In J. Neidhardt & W. Wörndl (Hg.), *Information and communication technologies in tourism 2020: Proceedings of the International Conference in Surrey, United Kingdom, January 08-10, 2020* (Bd. 32, S. 130–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36737-4_11

Möhring, M., Keller, B., Schmidt, R. & Dacko, S. (2020). Google Popular Times: towards a better understanding of tourist customer patronage behavior. *Tourism Review*, *ahead-of-print*(ahead-of-print). https://doi.org/10.1108/TR-10-2018-0152

Neves, Y. C. B., Sindeaux, M. P., Souza, W., Kozievitch, N. P., Loureiro, A. A. & Silva, T. H. (2016). Study of Google Popularity Times Series for Commercial Establishments of Curitiba and Chicago. In F. de Jesus Lima Gomes, R. de Andrade Lira Rabelo, C. de Salles Soares Neto, R. Willrich, C. A. Camillo Teixeira, J. M. de Almeida & W. V. de Carvalho (Hg.), *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web* (S. 303–310). ACM. https://doi.org/10.1145/2976796.2976862

Nicolau, J. L. (2017). Travel Demand Modeling with Behavioral Data. In Z. Xiang & D. R. Fesenmaier (Hg.), *Tourism on the Verge. Analytics in Smart Tourism Design* (S. 31–43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44263-1_3

Northcote, J. (2020). Sustainable visitation index: a new visitor management framework for assessing destination sustainability. *Journal of Ecotourism*, *19*(4), 327–344. https://doi.org/10.1080/14724049.2020.1715417

Panasiuk, O., Kärle, E., Simsek, U. & Fensel, D. (2018). Defining Tourism Domains for Semantic Annotation of Web Conten. *ENTER 2018: Volume 9 Research Notes*. https://ertr.tamu.edu/files/2018/01/ENTER2018_Submission_94-ok.pdf

Pearce, D. G. (2017). Destination Management and Visitor Management: Non-convergent Literatures but Complementary Activities and Issues. In J. N. Albrecht (Hg.), *CABI series in tourism management research. Visitor management in tourism destinations* (S. 9–21). CABI.

Reif, J. & Schmücker, D. (2020). Exploring new ways of visitor tracking using big data sources: Opportunities and limits of passive mobile data for tourism. *Journal of Destination Marketing & Management*, *18*, 100481. https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2020.100481

Ricci, F., Rokach, L. & Shapira, B. (Hg.). (2015). *Recommender systems handbook* (Second edition). Springer. http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4096901 https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7637-6

Roy, A., Tavana, M., Banerjee, S. & Di Caprio, D. (2016). A secured context-aware tourism recommender system using artificial bee colony and simulated annealing. *International Journal*

of Applied Management Science, *8*(2), Artikel 77014, 93. https://doi.org/10.1504/IJAMS.2016.077014

Salam, A. (2020). *Internet of Things for Sustainable Community Development*. Springer International Publishing.

Sanchot, M. (2016). *How Accurate Is Google's "Popular Time" Function?* https://www.linkedin.com/pulse/how-accurate-googles-popular-time-function-m%C3%A9lissa-sanchot

Sauter, M. (2018). *Grundkurs mobile Kommunikationssysteme: LTE-Advanced Pro, UMTS, HSPA, GSM, GPRS, Wireless LAN und Bluetooth* (7. Aufl.). *SpringerLink Bücher*. Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21647-4

Schiessle, E. (2016). *Industriesensorik: Sensortechnik und Messwertaufnahme* (2. Aufl.). *Vogel Business Media*. Vogel Business Media.

Schlick, S. (2016). *Ein Empfehlungssystem für individualisierte Reisen auf der Basis von kollektivem Wissen*. Dissertation. *Schriftenreihe innovative betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis: Band 461* [XXV, 183 Seiten].

Schmücker, D. (19. Januar 2021a). *Digitale Besucherlenkung: Status Quo und Anforderungen für die Zukunft.* ÖTE. Digitale Fachkonferenz Nachhaltigen Tourismus in Deutschland gestalten: Nutzungsdruck in Zielgebieten und erfolgreiche Besucherlenkung. https://www.oete.de/index.php/de/projekte/aktuelle-projekte/nachhaltige-tourismusentwicklung-in-deutschland/593-digitale-fachkonferenz-besucherlenkung

Schmücker, D. (21. Januar 2021b). *Using Digitisation to Make Tourism More Sustainable? An Applied Perspective.* IFITT. ENTER21. https://enter-conference.org/portfolio-items/dirk-schmuecker/

Schmücker, D. & Reif, J. (2021). *Zeitgemäße Besucherlenkung im Tourismus: Systematik und Anforderungen*, S. 20.

Shoval, N. & Ahas, R. (2016). The use of tracking technologies in tourism research: the first decade. *Tourism Geographies*, *18*(5), 587–606. https://doi.org/10.1080/14616688.2016.1214977

Song, H. & Liu, H. (2017). Predicting Tourist Demand Using Big Data. In Z. Xiang & D. R. Fesenmaier (Hg.), *Tourism on the Verge. Analytics in Smart Tourism Design* (S. 13–29). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44263-1_2

Spittler, R. (2019). Besucherlenkung zur Konfliktentschärfung im Naturschutz und zur nachhaltigen Angebotsentwicklung. In R. Forst, V. Scherfose & M. Porzelt (Hg.), *Konflikte durch Erholungsnutzung in Großschutzgebieten und deren Entschärfung durch innovatives Besuchermanagement* (S. 29–40).

Sugimoto, K., Ota, K. & Suzuki, S. (2019). Visitor Mobility and Spatial Structure in a Local Urban Tourism Destination: GPS Tracking and Network analysis. *Sustainability*, *11*(3), 919. https://doi.org/10.3390/su11030919

Tan, E. & Law, R. (2015). mLearning as a softer visitor management approach for sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 1–21. https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1049610

Trattner, C., Oberegger, A., Marinho, L. & Parra, D. (2018). Investigating the utility of the weather context for point of interest recommendations. *Information Technology & Tourism*, *19*(1-4), 117–150. https://doi.org/10.1007/s40558-017-0100-9

Uhlmann, R. (2010). Semantische Technologien im eTourismus – Innovationen und Szenarien unter Einbindung von Social Web Komponenten mittels semantischer Technologien. In D. Amersdorffer, F. Bauhuber, R. Egger & J. Oellrich (Hg.), *Social Web im Tourismus* (S. 251–269). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12508-9_19

Voigt, P. & Bussche, A. von dem. (2018). *EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO): Praktikerhandbuch : unter vollständiger Berücksichtigung des deutschen Datenschutz-Anpassungs- und -Umsetzungsgesetzes EU (DSAnpUG-EU)*. Springer.

Wallis, R. (2017). *Introduction of TouristDestination, TouristTrip and Trip Types*. https://github.com/schemaorg/schemaorg/issues/1810

Willemsen, F. & Leeuw, F. (2017). Big Data, Real-World Events, and Evaluations. In G. J. Petersson & J. D. Breul (Hg.), *Comparative policy evaluation: volume 24. Cyber society, big data, and evaluation* (S. 77–96). Transaction Publishers.

Winsky, N. & Zimmermann, G. (2020). Insta-Research zum #westweg im Schwarzwald – wie digital repräsentierte Wandererfahrungen auf Instagram mittels quantitativer und qualitativer Methoden untersucht werden können. *Zeitschrift für Tourismuswissenschaft*, *12*(3), 317–342. https://doi.org/10.1515/tw-2020-0022

Witten, I. H., Pal, C. J., Frank, E. & Hall, M. A. (2017). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques* (Fourth edition). Morgan Kaufmann.

Yegin, A., Kramp, T., Dufour, P., Gupta, R., Soss, R., Hersent, O., Hunt, D. & Sornin, N. (2020). LoRaWAN protocol: specifications, security, and capabilities. In B. S. Chaudhari & M. Zennaro (Hg.), *LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications* (S. 37–63). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818880-4.00003-X

Zheng, W., Huang, X. & Li, Y. (2017). Understanding the tourist mobility using GPS: Where is the next place? *Tourism Management*, *59*, 267–280. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.08.009

Zheng, X., Luo, Y., Sun, L., Zhang, J. & Chen, F. (2018). A tourism destination recommender system using users' sentiment and temporal dynamics. *Journal of Intelligent Information Systems*, *51*(3), 557–578. https://doi.org/10.1007/s10844-018-0496-5