

BACHELORARBEIT

Analyse und Bewertung von Methoden zur Personenzählung auf Großveranstaltungen

vorgelegt am 8. Februar 2019 von
Alexandra Homann
Matrikelnummer [REDACTED]

1. Gutachter: Prof. Dr. Hörmann
2. Gutachter: Dr. Loer

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG

Fakultät Life Sciences
Ulmenliet 20
21033 Hamburg

Die vorgestellten bzw. namentlich genannten Anwendungen oder Produktlösungen sollen lediglich beispielhaft für die Systeme und Methoden stehen, die zurzeit auf dem Markt vorhanden sind. Sie dienen zur Veranschaulichung und stellen keine verbindliche Empfehlung seitens der Autorin dar.

Hinweis

In dieser Arbeit wird nur aus Gründen der Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sämtliche Bezeichnungen, Tätigkeiten oder Angaben gelten für alle anderen Geschlechter entsprechend.

Kurzzusammenfassung

Die Bachelorarbeit analysiert und bewertet die Methoden zur Personenzählung auf Großveranstaltungen, dazu werden neben den älteren Methoden auch neuere Techniken und Systeme vorgestellt und auf ihren möglichen Einsatz während und die Eignung für eine Großveranstaltung bewertet. Die Analyse des deutschen Marktes erfolgte im Jahreswechsel 2018 auf 2019.

Die Umfrage in Bezug auf die Personenzählung wurde entwickelt, um Erfahrungswerte aus der Praxis von erfahrenen Veranstaltern und Verantwortlichen zu bekommen und eine Übersicht erstellen zu können, welche Systeme und Techniken derzeit aktiv zur Personenzählung genutzt werden. Aufgrund der geringen Zahl der Rückmeldungen liefert diese Umfrage derzeit nur einen ersten Indikator; für eine repräsentative Aussage sollten zukünftig noch weitere Antworten gesammelt werden.

Die Ergebnisse der Analyse für die einzelnen Methoden und Systeme werden in Tabellen zusammengefasst, die Bewertung erfolgt auf Grundlage der vorhandenen Daten und Systembeschreibungen der jeweiligen Geräte und ihre Anwendungseignung für die einzelnen Aspekte einer Großveranstaltung.

Vorwort

Während des Besuchs von Veranstaltungen stellt man sich kaum die Frage, wie viele Besucher zeitgleich dort sind, wie die Besuchermengen gezählt werden oder ob diese Veranstaltung schon als Großveranstaltung eingestuft werden kann.

Die Planungen von beispielsweise Entfluchtung, Räumung oder Evakuierung aber auch das Gefährdungsrisiko einer Veranstaltung sind zwingend mit der maximalen Besucherzahl verbunden, ebenso ist die Entstehung von massenbedingten Phänomenen stark abhängig von der Gesamtzahl und der Personendichte pro Quadratmeter.¹ Eine zuverlässige Methode zur Ermittlung der Personenzahl ist deshalb unerlässlich.

Die Vorhaltung von Ordnungs- und Sicherheitspersonal muss der maximal zulässigen Besucherzahl entsprechen, mitunter wird die maximale Zahl der Besucher nicht durch das Veranstaltungsgelände vorgeschrieben, sondern eine Auflage der genehmigenden Behörde für die Veranstaltung.

Die Bachelorarbeit richtet sich an Interessierte und (erstmalig) Durchführende von Veranstaltungen aber auch an Verantwortliche von Groß-/Veranstaltungen sowie Vertreter von BOS² und kommunalen Behörden. Sie soll aufzeigen, welche Techniken und Methoden zurzeit auf dem Markt vorhanden sind und ob bzw. wie sie effektiv, im Sinne der Personenzählung, eingesetzt werden können.

Ich möchte allen Teilnehmern danken, die aktiv an der Umfrage teilgenommen haben, aber auch jenen, die sich die Zeit genommen haben auf meine Einladung mit einer schriftlichen Absage zu antworten.

¹ (Hessisches Ministeriums des Innern und für Sport, 2013)

² Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung.....	3
Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis	5
Zusatzverzeichnisse.....	7
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	9
1 Einleitung	10
2 Methode.....	14
2.1 Analyse- und Bewertungsgrundlagen	15
2.2 Grundlagen.....	19
2.2.1 Definition Großveranstaltung.....	19
2.2.2 Veranstaltungsarten	19
2.2.3 Rechtliche Grundlagen	21
2.3 Umfrage	23
2.4 Methodenkritik.....	23
3 Vorstellung und Bewertung von Zählsystemen	24
3.1 Manuelle Personenzählung.....	24
3.1.1 Handzählung.....	25
3.1.2 Formularzählung.....	27
3.1.3 Modernisierte Formularzählung	28
3.1.4 Video- oder bildgestützte Zählung.....	29
3.1.5 Drehkreuzzählung.....	29
3.2 Sensorgestützte Zählung	31
3.2.1 Radar	31
3.2.2 Druck	31
3.2.3 Näherungssensor.....	32
3.2.4 Ultraschall	33
3.2.5 Infrarot	34
3.2.6 Lichtschanke.....	35
3.2.7 Laser (2D/3D).....	35
3.2.8 Optischer Sensor.....	36

3.2.9	3D Kamerabasierte Zählung	37
3.3	Senderzählung.....	38
3.3.1	Wi-Fi und WLAN.....	38
3.3.2	Bluetooth.....	38
3.3.3	Funkzellenabfrage.....	39
3.3.4	NFC und RFID - Technologie	40
3.3.5	GPS.....	41
3.4	Ergebnisse.....	42
3.4.1	Analysetabellen	42
3.4.2	Senderzählung und -verfolgung.....	46
3.4.3	Bewertungstabellen.....	48
3.4.4	Umfrageergebnis	52
4	Diskussion.....	57
5	Fazit	60
	Abkürzungsverzeichnis	61
	Begriffserklärungen.....	62
	Literaturverzeichnis.....	64
	Eidesstattliche Erklärung	70
	Anhang.....	71
	Umfrage zur Personenzählung auf Großveranstaltungen.....	71
	Ergebnis der Umfrage zur Personenzählung auf Großveranstaltungen	77

Zusatzverzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anzahl der Veranstaltungen und Teilnehmer auf dem Veranstaltungsmarkt in Deutschland von 2006 bis 2017 in Millionen	10
Abbildung 2 Verteilung der Musikfestivals und -festspiele in Deutschland im Jahr 2015 nach Besuchergrößenklassen	11
Abbildung 3 Verteilung der Veranstaltungen in Deutschland in den Jahren 2016 und 2017 nach Veranstaltungsgröße	12
Abbildung 4 Anzahl der Musikfestivals und -festspiele in Deutschland im Jahr 2015 nach Veranstaltungsorten.....	13
Abbildung 5 Auszug aus: Beliebteste Arten von Events und Veranstaltungen in Deutschland in den Jahren 2016 bis 2018	20
Abbildung 6 Mechanischer Handzähler	25
Abbildung 7 Mehrfacher Handzähler	25
Abbildung 8 Digitaler Handzähler	25
Abbildung 9 Digitaler Handklickzähler mit zugehöriger Software-Komponente..	26
Abbildung 10 Drehkreuz, einzelstehend.....	30
Abbildung 11 Verlegung eines Plattensensor der Firma EcoCounter	32
Abbildung 12 Präsenzmelder US 360 der Firma STEINEL.....	33
Abbildung 13 CITIX-IR-Kamera (Passiv-Infrarot-Technik).....	34
Abbildung 14 Einweglichtschranke, links der Sensor, rechts der separate Empfänger	35
Abbildung 15 HPD2 Sensor (Human Presence Detection) der Firma STEINEL	36
Abbildung 16 3D Stereo Personenzähler.....	37
Abbildung 17 Fragestellung: Wie viele Besucher haben Sie pro Tag der Veranstaltung?	52

Abbildung 18 Fragestellung: Welche der nachfolgenden Eigenschaften beschreibt Ihr Veranstaltungsgelände am besten?	53
Abbildung 19 Fragestellung: Wo werden auf Ihrem Veranstaltungsgelände Systeme zur Personenzählung eingesetzt?	54
Abbildung 20 Fragestellung: Welche Zählsysteme verwenden Sie bei Ihrer Veranstaltung/Ihren Veranstaltungen? (Pflichtfrage)	54
Abbildung 21 Fragestellung: Ist das von Ihnen aktuell verwendete System zur Personenzählung schon mal ausgefallen oder überlastet gewesen? Haben Sie deutliche Differenzen zwischen verkauften Tickets und gezählten Besuchern festgestellt?.....	55
Abbildung 22 Fragestellung: Mussten Sie durch die neue Datenschutzgrundverordnung Veränderungen oder Anpassungen an Ihren Zählsystemen oder in den Allgemeinen Geschäftsbedingungen bzw. der Hausordnung vornehmen?.....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Auszug aus: Analyse der Methoden.....	17
Tabelle 2 Ausschnitt der Tabelle „Übersicht der Anwendungsmöglichkeiten der vorgestellten Methoden“	17
Tabelle 3 einfache Art einer Strichliste für die Personenzählung.....	27
Tabelle 4 Analyse der Systeme der manuellen Personenzählung.....	43
Tabelle 5 Analyse der Systeme der sensorgestützten Zählung	45
Tabelle 6 Anwendungseignung der vorgestellten Methoden für den Aspekt Besucherzahlen.....	48
Tabelle 7 Anwendungseignung der vorgestellten Methoden für den Aspekt Laufwegerfassung.....	49
Tabelle 8 Anwendungseignung der vorgestellten Methoden für den Aspekt Datenerfassung.....	50
Tabelle 9 Zusammenfassung der Anwendungseignung der vorgestellten Methoden	51

1 Einleitung

Beinahe täglich begegnen wir den Geräten in Kaufhäusern, Clubs, Sportstätten oder auf Veranstaltungen. Einige sichtbar und eindeutig zu erkennen, andere unauffällig und dadurch schwer zu entdecken. Sie erfüllen alle den gleichen Zweck: Personen- bzw. Kundenzählung. In Kaufhäusern dienen sie neben der reinen Kundenzählung unter anderem auch zur Beurteilung und Verbesserung von Produktplatzierungen oder der Personaleinsatzplanung.³ Bei Veranstaltungen dient die Personenzählung zur Ermittlung der aktuellen Besucherzahl und somit der Einhaltung von Auflagen und Beschränkungen durch die genehmigenden Behörden.

Wie in **Abbildung 1** deutlich zu erkennen ist, ist die Anzahl der Veranstaltungen in den letzten 12 Jahren auf einem nahezu gleichbleibenden Niveau geblieben. Die Besucherzahlen hingegen sind deutlich gestiegen. Im Jahr 2006 besuchten 291,5 Millionen Besucher rund 2,6 Millionen Veranstaltungen. Für das Jahr 2017 mit 2,97 Millionen Veranstaltungen und rund 405 Millionen Besuchern ergibt das einen Zuwachs der Veranstaltungen im betrachteten Zeitraum von rund 14 % aber einen signifikanten Besucherzuwachs von ca. 39 %.

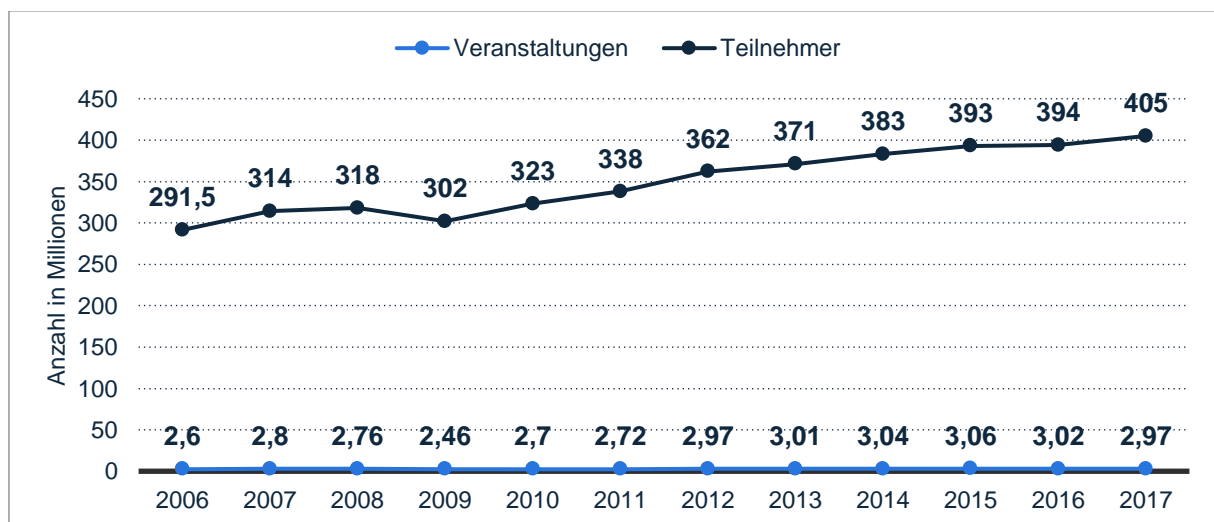


Abbildung 1 Anzahl der Veranstaltungen und Teilnehmer auf dem Veranstaltungsmarkt in Deutschland von 2006 bis 2017 in Millionen ⁴

³ (Dipl.Ing.Preiser MRT oHG, 2019)

⁴ (GCB German Convention Bureau, 2017)

Für die Beurteilung und Einstufung einer Veranstaltung gibt es bislang noch keine bundeseinheitliche Definition oder Größenzuweisung, so wird eine Veranstaltung mit 5.000 zeitgleich anwesenden oder täglich über 100.000 Besuchern als Großveranstaltung klassifiziert.^{5,6}

Abbildung 2 verdeutlicht, dass unter den Musikfestivals und -festspielen fast die Hälfte (48,2 %) aller Veranstaltungen im Jahr 2015 über 5.000 Besucher aufwies und somit als Großveranstaltung im Sinne des Orientierungsrahmen eingestuft werden muss.⁷

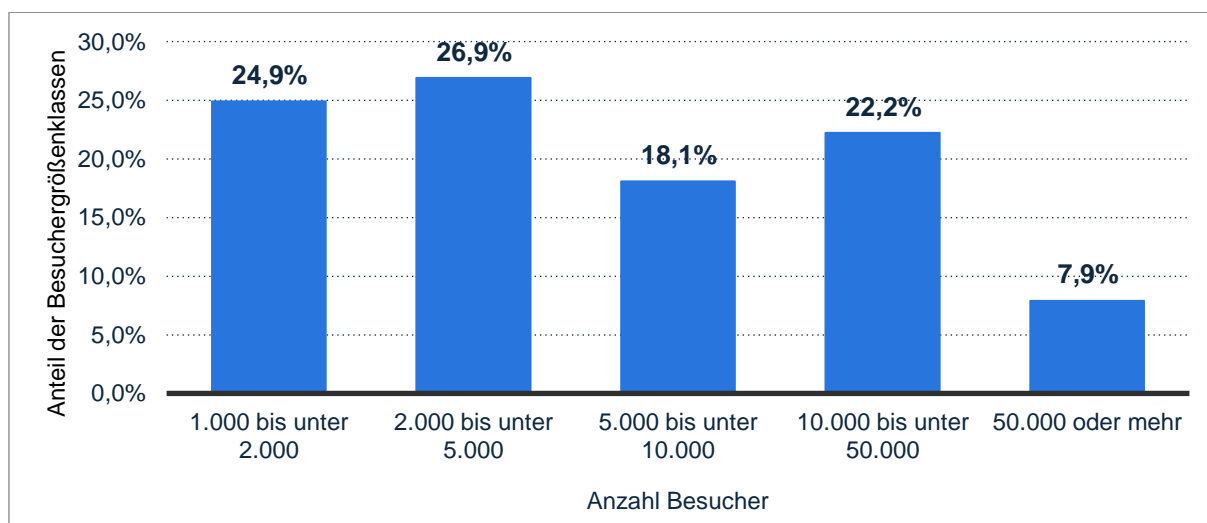


Abbildung 2 Verteilung der Musikfestivals und -festspiele in Deutschland im Jahr 2015 nach Besuchergrößenklassen⁸

Für die Verteilung der Veranstaltungen nach Veranstaltungsgröße wurden 4.000 Veranstaltungsstätten mit jeweils mindestens 100 Sitzplätzen befragt. Die Antworten (Rücklaufquote 12,7 %) wurden im Hinblick auf die Veranstaltungsgröße ausgewertet und das Ergebnis grafisch in **Abbildung 3** dargestellt.⁹ Bei den Veranstaltungen waren 0,6 % mit über 5.000 Besuchern Großveranstaltungen (*Erläuterung der Abbildung: Seminare, Tagungen und Kongresse ohne Events).

⁵ (Ministerium für Inneres und Kommunales NRW, 2012)

⁶ (Konsortium des BMBF-Verbundprojektes, 2015)

⁷ (Ministerium für Inneres und Kommunales NRW, 2012)

⁸ (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2017)

⁹ (GCB German Convention Bureau e. V., 2019)

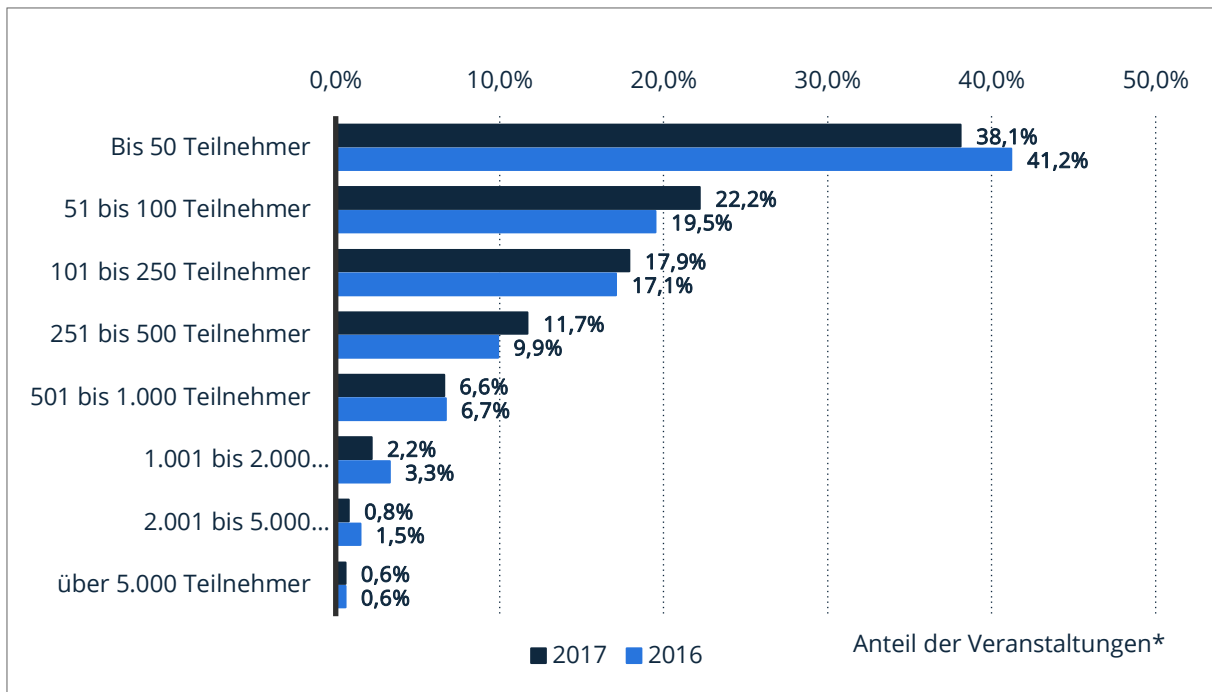


Abbildung 3 Verteilung der Veranstaltungen in Deutschland in den Jahren 2016 und 2017 nach Veranstaltungsgröße¹⁰

Die **Abbildung 4** auf der nachfolgenden Seite verdeutlicht, dass die Orte an denen Veranstaltungen mit musikalischem Hintergrund stattfinden, nicht unbedingt in ihrer primären Nutzung dafür vorgesehen wurden.

¹⁰ (Europäisches Institut für TagungsWirtschaft GmbH (EITW), 2018)

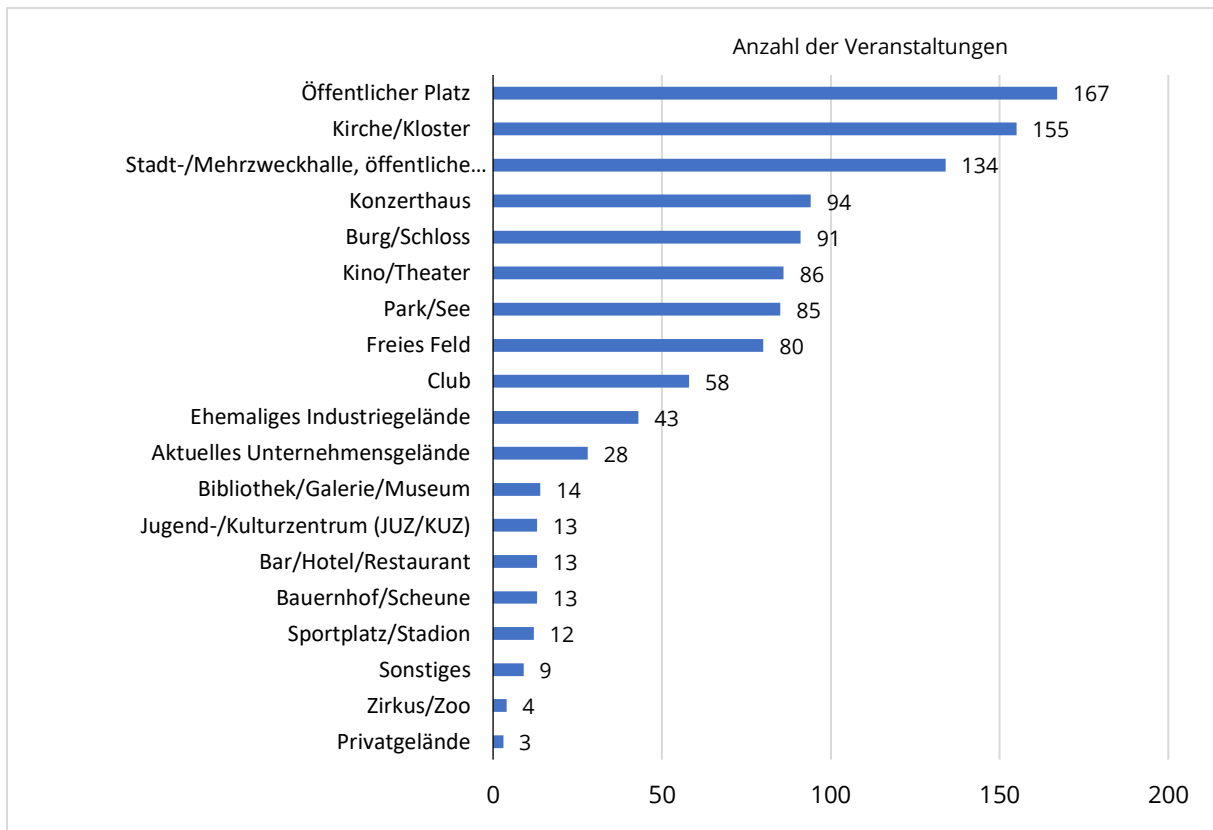


Abbildung 4 Anzahl der Musikfestivals und -festspiele in Deutschland im Jahr 2015 nach Veranstaltungsorten¹¹

Absicht dieser Arbeit ist es, die zurzeit auf dem Markt befindlichen Methoden und Systeme zur Personenzählung auf Großveranstaltungen zu analysieren und anhand verschiedener Kriterien auf ihre Anwendungsmöglichkeit für die einzelnen Aspekte einer Großveranstaltung abschließend zu bewerten.

Eine durchgeführte Umfrage bei Veranstaltern und Durchführenden von Veranstaltungen soll Einblick über die aktiv genutzten Methoden und Systeme geben.

¹¹ (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2017)

2 Methode

Die Marktübersicht und Recherche der technischen Grundlagen wurde mittels Websuche erstellt, dazu wurden Begriffe wie „Personenzählung“, „Personenzähler“ oder „People Counter“ in die Suchmaschinen Google® und Google Scholar® eingegeben und die entsprechenden Webseiten aufgerufen. Die dort auf den Webseiten zur Verfügung und öffentlich zugänglichen technischen Informationen wurden gesammelt und in eine Tabelle eingetragen. Bei fehlenden Technischen Daten zu den festgelegten Kriterien wurde der Anbieter/Hersteller per Email angeschrieben, mit der Bitte um Übersendung weiterer Auskünfte zu dem Produkt bzw. der technischen Komponente.

Um einen Überblick über die aktuell verwendeten Methoden zu bekommen, werden aktive Großveranstalter um eine Auskunft über ihre derzeit verwendete Methode zur Personenzählung gebeten. Dazu wurde eine Online-Umfrage erstellt, diese enthält neben allgemeinen Fragen zur Veranstaltung auch Fragen zur Technik und zu Erfahrungswerten aus vergangenen Veranstaltungen.

Die Analyse und Bewertung der einzelnen Zählmethoden erfolgt anhand von definierten und festgelegten Kriterien wie Kosten, Flexibilität, Qualität, Grenzen, Peripherie und Umweltbedingungen. Die Ergebnisse der verschiedenen Zählmethoden werden im Anschluss untereinander verglichen, sodass eine entsprechende Zählmethode ermittelt werden kann.

2.1 Analyse- und Bewertungsgrundlagen

Für die Analyse und zur Bewertung wurden Kategorien und Eigenschaften gesammelt, die für die Wahl einer Methode bei einer Veranstaltung für den Durchführenden ausschlaggebend sein könnten. Nachfolgend werden die einzelnen Kategorien kurz beschrieben.¹²

Qualität

Bei der Qualität geht es um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Erfassung bzw. Messung. Zudem wird ermittelt, ob vor Verwendung des Gerätes eine Kalibrierung erforderlich ist und wenn, durch wen diese durchgeführt werden kann.

Kosten

Der Aspekt Kosten ist für die Rentabilität einer Veranstaltung entscheidend. Es wird ermittelt, ob für das jeweilige System bzw. die jeweilige Methode eine Mietoption verfügbar ist. Gegebenenfalls wird auf zusätzliche Kosten hingewiesen, wie z. B. Kosten für die Installation, Kalibrierung oder erhöhten Personalaufwand, die neben den Materialkosten berücksichtigt werden müssen. Die Angaben zu den Kosten beruhen auf den Angaben von Hersteller bzw. Vertreiber mit Stand Januar 2019.

Umweltbedingungen

Die Umweltbedingungen geben an, in welchem Temperatur- und Luftfeuchtebereich das System verwendet werden kann oder über welche Schutzklasse es verfügt.

Grenzen

Der Aspekt Grenzen umfasst neben der maximal erfassbaren Messbreite des Systems auch die Fähigkeit der bidirektionalen Messung.¹³

¹² Struktur und Aufbau in Anlehnung an (Widmer, et al., 2016)

¹³ Bidirektionale Messung bedeutet im Kontext dieser Arbeit, dass in dem Erfassungsbereich des Systems zeitgleich sowohl einlaufende als auch das Gelände verlassende Personen (zuverlässig) erfasst werden können.

Die maximale Breite der Erfassung oder die gegebenenfalls notwendigen Vereinzelung können die Ein- und Auslasszeit für den Besucher verlängern.

Peripherie

Peripherie beschreibt, ob die Datenübertragung vom System zu der jeweiligen Auswertesoftware über Datenkabel oder funkbasiert erfolgen kann.

Flexibilität

In diesem Aspekt werden die Anbringung des Geräts bzw. des Systems und der Einsatzbereich näher betrachtet. Muss eine Seiten- oder Deckenmontage erfolgen und ist der Betrieb bzw. der Einsatz sowohl innen (im Gebäude, indoor) als auch draußen (außerhalb geschlossener Räume, outdoor) möglich.

Anwendungsszenarien

Für die Identifizierung möglicher Anwendungsszenarien wurde der theoretische Verlauf einer Veranstaltung betrachtet und die daraus resultierenden Anforderungen an die Zählsysteme.

Um einer Überfüllung der Veranstaltung entgegenzuwirken wird von dem System eine Echtzeit-Messung und die kontinuierliche Datenübertragung erwartet. Für die Ermittlung der maximalen Besucherzahl in Relation zu den verkauften Tickets wird hingegen keine Echtzeit-Zählung, sondern nur die maximal erreichte Besucherzahl, benötigt.

Die Auswertung der Laufwege in der Nachbereitung dient der Optimierung der Wegeplanung für folgende Veranstaltungen. Während der Veranstaltung kann die Laufwegerefassung in Echtzeit die Steuerung der Besucher unterstützen.

Die Datenerfassung kann während der Veranstaltung zur frühzeitigen Erkennung von Gruppen- oder Staubildung (Verweildauer) verwendet werden. Die Attraktivitätsbewertung einzelner Akteure sowie die Aktivitätsanalyse der Besucher kann ebenfalls über die Verweildauer bestimmt werden. Zur Zielgruppenermittlung der Veranstaltung können weitere Daten, wie Alter und Geschlecht, bei der Datenerfassung erhoben werden.

Die einzelnen Aspekte zur Analyse der Methode und ihrer Systeme werden in **Tabelle 1**, nachfolgend auszugsweise dargestellt, gesammelt und dienen als Bewertungsgrundlage.

Tabelle 1 Auszug aus: Analyse der Methoden

Aspekt		Manuelle Personenzählung					
		Handzählung	Formularzählung	Modernisierte Formularzählung	Video- oder bildgestützte Zählung	Drehkreuzzählung	[...]
Qualität	Genauigkeit %-Abweichung						
	Kalibrierung						
[...]	Materialkosten						
	[...]						

Die **Tabelle 2**, zum Verständnis auszugsweise dargestellt, basierend auf den technischen Daten und Angaben, fasst eine mögliche Anwendung der einzelnen Methoden in Bezug auf die Personenzählung und im Hinblick auf das Crowd Management zusammen. Dazu werden die Methoden bzw. Systeme auf die Anforderungen der einzelnen Aspekte angewendet und die Durchführbarkeit berücksichtigt.

Tabelle 2 Ausschnitt der Tabelle „Übersicht der Anwendungsmöglichkeiten der vorgestellten Methoden“

Kapitel	Methode der Zählung	Besucherzahlen	
		Gesamt	Echtzeit
3.1.1	Hand		
3.1.2	Formular		
3.1.3	Mod. Formular		
3.1.4	Video-/bildgestützt		
[...]	[...]		

Bei der Zählung der maximal erreichten Besucherzahlen ist keine Echtzeit-Messung oder das Tracking von Personen erforderlich. Die Vermeidung einer Überfüllung, also die Überschreitung der maximal erlaubten Besucherzahl während der Veranstaltung, kann durch eine permanente Echtzeit-Messung gewährleistet werden. Ebenfalls wird für diese Anwendung kein Tracking benötigt.

Im Rahmen des Crowd Managements erfolgt die Erhebung weiterer Messdaten bzw. kann die Erhebung notwendig sein. Die Optimierung der Wegeplanung durch die Analyse der Besucherbewegungen im Nachfeld der Veranstaltung erfordert keine Echtzeit-Messung, dafür aber das Tracking einzelner Besucher oder größerer Besuchergruppen ggf. auch aller Besucher.

Die Analyse der Besucherbewegungen zur aktiven Veranstaltungsteuerung, während der Durchführungsphase, ist die aufwendigste Anforderung. Neben der Echtzeit-Messung und der Einrichtung mehrerer Zählstellen an markanten Geländepunkten oder Gebäudestrukturen kann zudem das Tracking von einzelnen Besuchern, Besuchergruppen oder der Gesamtheit der Besucher unumgänglich sein.

2.2 Grundlagen

Die, in diesem Kapitel beschriebenen, Grundlagen stellen nur einen Ausschnitt der gültigen und anzuwendenden Rechtsgrundlagen im Rahmen einer Veranstaltungsplanung dar.

2.2.1 Definition Großveranstaltung

Eine bundeseinheitliche Definition oder allgemein gültige Kriterien, wann eine Veranstaltung als Großveranstaltung einzustufen ist, gibt es derzeit nicht. So definieren beispielsweise der Orientierungsrahmen des Ministeriums für Inneres und Kommunales in NRW und der Leitfaden des Hessischen Ministeriums des Innern und für Sport eine Großveranstaltung anhand der Besucherzahlen, der Infrastruktur am und um den Veranstaltungsort aber auch anhand der Größe der durchführenden Kommune. Das individuelle Gefährdungspotenzial einer Veranstaltung stellt einen ebenso wichtigen Faktor wie die maximale Anzahl der Besucher dar. Dementsprechend muss, gerade in der Planungsphase der Veranstaltung, das Gefährdungspotenzial erkannt und richtig bewertet werden, um die weiteren Planungen anzugleichen.^{14,15}

2.2.2 Veranstaltungsarten

Die Vielzahl von Veranstaltungsarten aber auch die zunehmend ungewöhnlichen Veranstaltungsortlichkeiten (vgl. **Abbildung 4** in Kapitel **1 Einleitung**) ermöglichen keine pauschale Lösung im Hinblick auf die Personenzählung oder das erweiterte Crowd Management.

Die **Abbildung 5** beschreibt einen Ausschnitt der prozentualen Verteilung von bekannten Veranstaltungsarten. Die Befragten sollten angeben, welche der Veranstaltungsarten von persönlichem Interesse ist.

¹⁴ (Ministerium für Inneres und Kommunales NRW, 2012)

¹⁵ (Hessisches Ministeriums des Innern und für Sport, 2013)

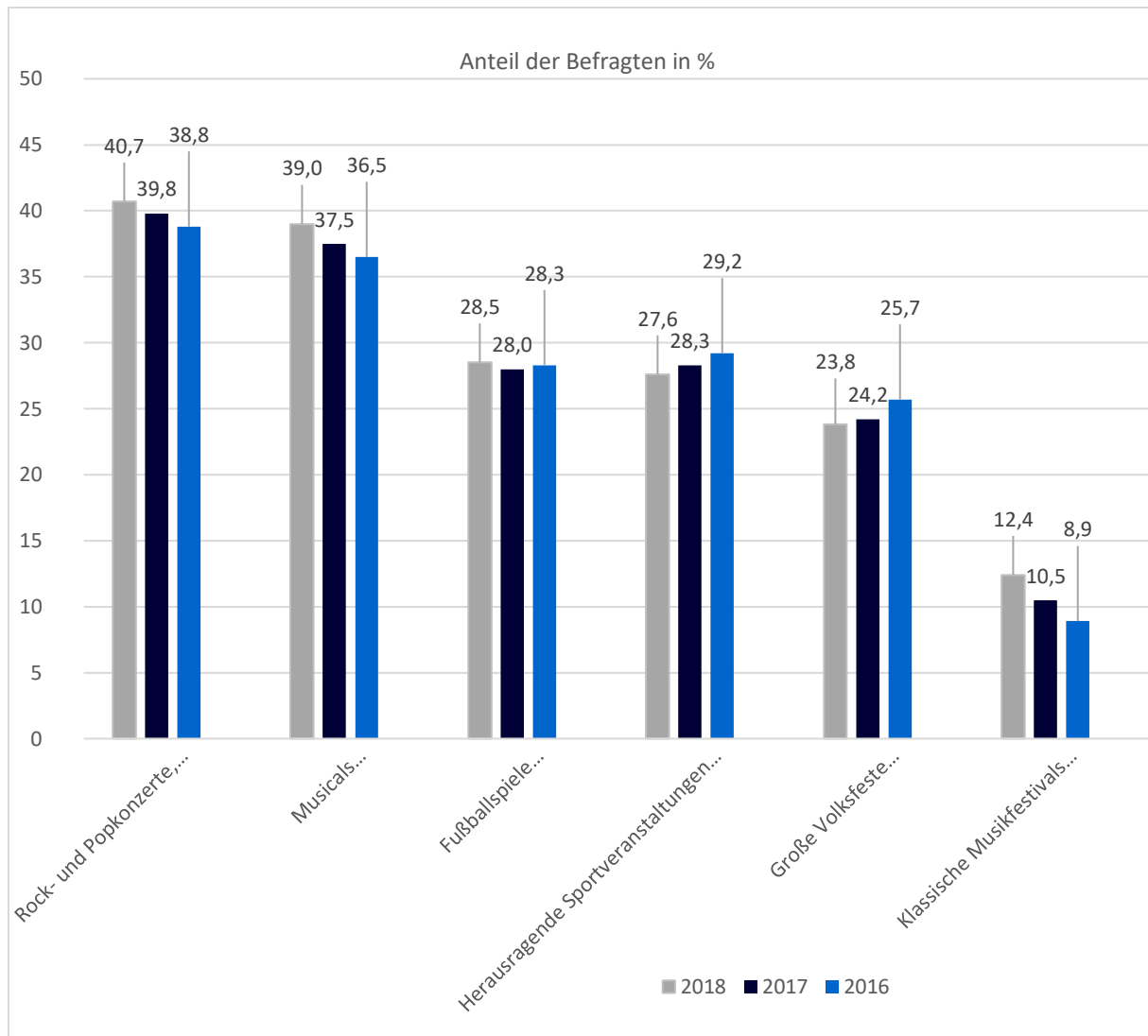


Abbildung 5 Auszug aus: *Beliebteste Arten von Events und Veranstaltungen in Deutschland in den Jahren 2016 bis 2018*¹⁶

Die beliebtesten Arten von Events und Veranstaltungen sind Musicals und Rock- und Popkonzerte, diese können sowohl in Konzerthallen aber auch auf Freiflächen stattfinden. Fußballspiele finden überwiegend in dafür vorgesehenen Stadien und auf entsprechenden Sportplätzen statt. Die Volksfeste, wie z. B. der Hamburger Dom finden in dicht besiedelten und von Wohngebäuden umgebenden Arealen statt.

¹⁶ (IfD Allensbach, 2018)

2.2.3 Rechtliche Grundlagen

Gemäß § 38 Satz 1 VStättVO sind sowohl Betreiber als auch Veranstalter und die von ihnen beauftragten Personen für die Sicherheit der Veranstaltung zuständig und verantwortlich.¹⁷

Eine, den Größenverhältnissen der Veranstaltung, angepasste Vorhaltung von Sanitäts- und Rettungsdienstkraften aber auch von Ordnungs- und Sicherheitspersonal ist eine der Grundvoraussetzungen für die Erteilung einer Genehmigung der Veranstaltung durch die zuständige Behörde.¹⁸ Die Anfertigung einer Brandschutzordnung und ggf. eines Räumungskonzeptes obliegt laut § 42 MVStättVO dem Betreiber; die Verantwortung für die betrieblichen Sicherheitsmaßnahmen, wie die Kontrolle an den Ein- und Ausgängen aber insbesondere die Einhaltung der maximalen Besucherzahl kann durch den Betreiber bzw. Veranstalter auf den Ordnungsdienstleiter delegiert werden.¹⁹

Die, seit Mai 2018 in Kraft getretene, DSGVO²⁰ hat auf die reine Personenzählung, also die Feststellung der Anzahl der momentan anwesenden Besucher oder der Gesamtbesucherzahl auf der Veranstaltung, keine Auswirkungen. Werden weitere personenbezogene Daten wie beispielsweise Körpergröße oder Geschlecht als biometrisches Merkmal gemäß Artikel 9 DSGVO erfasst, muss neben der eindeutigen Einwilligung und Zustimmung des Betroffenen auch die Abwägung der Erhebungsgründe durch den Veranstalter stattfinden.²¹

Der Verantwortliche hat zudem eine Datenschutz-Folgenabschätzung durchzuführen, wenn durch die Erhebung der Daten persönliche Aspekte analysiert oder persönliche Profile erstellt werden können. Die DSGVO sieht insbesondere ein hohes Risiko für die Rechte und Freiheiten natürlicher Personen, wenn, neben dem Verhalten, besonders die Aufenthaltsorte und die zugehörigen Ortswechsel erfasst werden.²² Dieses Risiko ist auch gegeben, wenn bei der Verarbeitung eine große Anzahl von Personen betroffen ist.²³

¹⁷ § 38 Satz 1 Versammlungsstättenverordnung

¹⁸ (Baumann, 2019)

¹⁹ § 42 und § 43 Absatz 4 Muster-Versammlungsstättenverordnung

²⁰ Datenschutzgrundverordnung

²¹ Art. 9 Absatz 2 DSGVO „Ausnahmen“

²² Art. 35 DSGVO „Datenschutz-Folgenabschätzung“

²³ Erwägungsgrund 75 DSGVO

Bei der Nutzung von kamera- oder videobasierter Personenzählung oder erweiterter Crowd Management Software muss daher im Vorfeld berücksichtigt werden, dass der Besucher darüber informiert wird und dieses schriftlich dokumentiert werden muss. Die entsprechende Bewertung der Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der jeweiligen Verarbeitungsvorgänge muss erfolgen, um Abhilfemaßnahmen aber auch geeignete Sicherheitsvorkehrungen treffen zu können, die den Schutz der personenbezogenen Daten sicherstellen.²⁴

Gemäß Artikel 30 DSGVO hat die Dokumentation aller Verarbeitungstätigkeiten in einem Verzeichnis zu erfolgen. Dieses Verzeichnis umfasst neben den Daten des Verantwortlichen auch den Zweck der Verarbeitung und die erhobenen Daten. Die Risikobewertung aber auch die Auflistung der geplanten Abhilfemaßnahmen, Sicherheitsvorkehrungen und Verfahren, durch die der Schutz personenbezogener Daten sichergestellt werden soll, erfolgt zum Zweck der Nachweiserbringung über die Einhaltung der DSGVO.²⁵

Eine Anpassung der Allgemeinen Geschäftsbedingungen, des Hausrechts und die aktive Zustimmung durch den Ticketkauf oder die Anerkennung des Hausrechts bei Betreten des Veranstaltungsgeländes sind unter Umständen nicht mehr ausreichend.

Eine weitere Betrachtung der rechtlichen Grundlagen erfolgt in dieser Bachelorarbeit nicht. An dieser Stelle weiterführend ist der Bericht der Projektgruppe „Sicherheit bei Großveranstaltungen im Freien“ des Ministeriums für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen.²⁶

²⁴ Erwägungsgrund 78 DSGVO

²⁵ Art. 30 DSGVO „Verzeichnis von Verarbeitungstätigkeiten“

²⁶ (Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013)

2.3 Umfrage

Um einen Einblick in die aktuell verwendeten Zählmethoden auf Veranstaltungen unterschiedlichen Größenordnungen zu erhalten, wurde eine digitale Online-Umfrage mit insgesamt 15 Fragen zu verschiedenen Themenbereichen einer Veranstaltung auf der Webseite *Umfrage Online* erstellt²⁷.

Die Themenbereiche umfassten neben den allgemeinen Fragen zu der Veranstaltung, z. B. die Anzahl der Besucher pro Tag und die Gesamtbesucherzahl der Veranstaltung, und der verwendeten Technik in Bezug auf die Personenzählung auch Fragen zu Erfahrungswerten sowie der seit Mai 2018 anzuwendenden Datenschutzgrundverordnung (DSGVO).

Für die Teilnahme an der Umfrage sind ungefähr 5-8 Minuten Bearbeitungszeit veranschlagt worden. Die unausgefüllte Druckversion der Umfrage befindet sich im Anhang dieser Bachelorarbeit. Es wurden 50 zufällig ausgewählte Veranstalter bzw. Durchführende von Veranstaltungen aus unterschiedlichen Genres und Musikbereichen mit unterschiedlichen Besucherzahlen per Email eingeladen an der Umfrage teilzunehmen. Die Einladung zur Teilnahme wurde am 13. Januar 2019 verschickt, die Teilnahme war bis zum 27. Januar 2019 möglich.

2.4 Methodenkritik

Der Einsatz respektive die Anwendung der einzelnen Methoden während einer Großveranstaltung wurde praktisch nicht durchgeführt. Eine entsprechende vergleichsfähige Messung mit mehreren Methoden könnte die Zuverlässigkeit einzelner Systeme validieren oder Grenzen verifizieren und mögliche Fehlerbereiche oder -ursachen aufzeigen.

²⁷ (enuvo GmbH, 2019), www.umfrageonline.com

3 Vorstellung und Bewertung von Zählsystemen

Die Vorstellung der einzelnen Systeme erfolgt auf den technischen Grundlagen und dient vorrangig zum Verständnis. Die Bewertung erfolgt anhand der in Kapitel 2.1 beschriebenen Kriterien.

3.1 Manuelle Personenzählung

Die manuelle Personenzählung gehört zu den einfachsten Methoden und wird gerade bei kleineren Veranstaltungen noch sehr häufig eingesetzt. Eine Übersicht der unterstützenden Technik im Hinblick auf die manuelle Zählung bzw. Methoden, die auf der manuellen Zählung beruhen, werden nachfolgend in diesem Kapitel beschrieben.

Die, vom Traffic Safety Center durchgeführte, Vergleichsstudie zur manuellen Personenzählung hat ergeben, dass je höher die Dichte einer passierenden Personengruppe ist, desto größer wird die Abweichung im Zählergebnis zu der realen Personenzahl. Werden zusätzliche Attribute der passierenden Personen, wie z. B. Geschlecht und ungefähres Alter erfasst, so erhöht sich die Ungenauigkeit des Zählergebnisses weiter.²⁸

Die Einflussfaktoren der Genauigkeit können in zwei Kategorien eingeteilt werden. Die Notations- aber auch Erfassungsfehler, wie auch Fehler durch Sichtbehinderungen sind Bestandteil der Erhebungsphase. In der Auswertungsphase kann es zu Rechen- und Aggregationsfehlern kommen.²⁹

²⁸ (Diogenes, et al., 2007)

²⁹ (Zweibrücken, et al., 2005)

3.1.1 Handzählung

Die Handzählung mittels Zähluhren oder Zählgeräten ist die einfachste Methode zur Personenzählung. Durch die Betätigung des Druckmechanismus wird das Zählwerk um einen Wert nach oben erhöht.



Abbildung 6 Mechanischer Handzähler³⁰



Abbildung 7 Mehrfacher Handzähler³¹

Das Zurücksetzen erfolgt entweder durch einen Drehmechanismus, wie in **Abbildung 6** zu sehen oder durch betätigen des Reset-Knopfs, wie bei der digitalen Version in **Abbildung 8** dargestellt. Die Zählbereiche liegen meist im vier- bis fünfstelligen Bereich, erweiterte Geräte erlauben eine bidirektionale Zählung.



Abbildung 8 Digitaler Handzähler³²

Die Weiterentwicklung des mechanischen Handklickzählers zu einem digitalen Zähler mit Statusanzeige und Rückmeldung an die zugehörige Software-Komponente ist beispielhaft in **Abbildung 9** zu sehen.

³⁰ (PEARL.GmbH, 2019)

³¹ (Tally Counter Store, 2019)

³² (VS Electronics Vertriebs GmbH, 2019)



Abbildung 9 Digitaler Handklickzähler mit zugehöriger Software-Komponente³³

Die Positionierung der Zählperson kann dabei flexibel nach Notwendigkeit gewählt werden, wobei zu beachten ist, dass diese Zählmethode nur bedingt für größere oder dichte Menschenmengen und unübersichtliche Flächen geeignet ist.³⁴

³³ (EvoCount UG (haftungsbeschränkt), 2018)




³⁴ (Zweibrücken, et al., 2005)

3.1.2 Formularzählung

Die Zählung von größeren Personenmengen anhand von Formularzählungen beinhaltet mitunter einen hohen Aufwand für die Vorbereitung und Nachbereitung aber auch für die Durchführung der Zählung.

Die **Tabelle 3** zeigt eine einfache Form der Strichliste, je mehr Attribute erfasst werden sollen, desto aufwendiger wird die Vorbereitung bzw. die Gestaltung der Strichlisten. Die Listen müssen vorgefertigt werden, zudem müssen Klemmbretter, Stifte und ausreichend Beleuchtung bereitgestellt werden. Bei schwacher oder unzureichender Beleuchtung kann das Verwenden von Piktogrammen unterstützend wirken. Piktogramme sind bei unzureichender Beleuchtung einfacher zu erkennen und verständlicher als das normale Schriftbild, vorausgesetzt, dass sie eindeutig und sinnvoll ausgewählt werden. Das Personal muss, um einer Übermüdung entgegen zu wirken, regelmäßig ausgetauscht werden.

Tabelle 3 einfache Art einer Strichliste für die Personenzählung

Eingang A	Uhrzeit Beginn _____ Uhrzeit Ende _____ Name des Zählenden	Summe
Männlich 		
Weiblich 		
Divers 		

Die nachträgliche Zusammenfassung, ggf. Digitalisierung und Archivierung der Listen erfordert zusätzlichen Personaleinsatz. Eine Echtzeitmessung mittels Strichlisten ist aufgrund des hohen Protokollierungs- und Auswertungsaufwandes nur schwer zu realisieren, daher sind zeitnahe Zwischenergebnisse eher zu erwarten. Wird an mehreren Standorten gezählt, können durch Übertragungs- und Rechenfehler fehlerhafte Gesamtergebnisse auftreten.

3.1.3 Modernisierte Formularzählung

Die modernisierte Formularzählung erfolgt durch die Nutzung von Tablets oder auch Smartphones und ist eine erweiterte Form der manuellen Zählung im Bereich der Kurzzeiterfassung. Die Durchführung ist ähnlich der Formularzählung, die Daten müssen allerdings nicht mehr nachträglich digitalisiert werden.

Es stehen dafür sowohl kostenfreie als auch kostengünstige Apps für die unterschiedlichen Betriebssysteme zur Verfügung. Unter Verwendung der Suchbegriffe „TallyCounter“, „Handzähler“ oder auch „Strichliste“ kann eine aktuelle Übersicht der angebotenen Apps aufgerufen werden.

Bereits auf dem Markt befindliche Software wie z. B. Vzapp® unterstützen bei der Vorbereitung aber auch bei der Auswertung der gezählten Daten am Computer. Lediglich die Erfassung bzw. die Durchführung der Zählung auf mobilen Endgeräten mit Android-Betriebssystem erfolgt noch durch eine zählende Person. Die App (deutsch: Anwendung) wurde zur Durchführung und Auswertung von Verkehrszählungen mit Tablets entwickelt. Speziell im Straßenverkehr können so unterschiedliche Fahrzeugklassen einfach und schnell unterschieden werden. Die Zählung von Personen bzw. Passanten ist ebenfalls möglich. Die Daten von Messungen an mehreren Positionen können direkt an die Sammelstelle übermittelt werden, sodass die Echtzeit-Messung der Besucherzahlen und die Auswertung von Personenströmen und stark frequentierten Bereichen ebenfalls möglich ist.³⁵

Ein weiteres Beispiel ist das semiautomatische Personenzählgerätesystem Qounts®. Die Erfassung der Zähldaten erfolgt weiterhin durch eine Person, diese ist mit einem Smartphone und einem, über Bluetooth verbundenem, ergonomischen Handzählgerät ausgestattet. Die Eingabe von Daten direkt über den Touchscreen des Smartphones ist ebenfalls möglich.

³⁵ (Vzapp GbR, 2018)

Die frei definierbaren Zählkategorien können auf die jeweilige Veranstaltung und die benötigten Daten angepasst werden. Die Speicherung der Daten erfolgt parallel zur Datenübertragung mit Zeitstempel auf dem Smartphone. Die Betrachtung der Zählergebnisse kann ortsunabhängig auf jedem internetfähigen Gerät über sichere (SSL) URLs angezeigt werden, bei Notwendigkeit kann die URL an mehrere Stellen ausgegeben werden.³⁶

Bei der Verwendung dieser Systeme muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der ständigen Nutzung von Bluetooth oder der dauernden Bildschirmaktivierung die Laufzeit des Akkus deutlich reduziert wird und somit Ladevorrichtungen und Ersatzgeräte in ausreichender Zahl vorgehalten werden müssen.

3.1.4 Video- oder bildgestützte Zählung

Bei dieser Methode werden in der Nachbereitungsphase digitale Video- oder Bildaufnahmen in hoher Auflösung ausgewertet. Die Zählung der Personen erfolgt manuell ohne den Einsatz von Software. Die Systeme, die Live-Bilder automatisch und in Echtzeit auswerten können, werden in dem nachfolgenden Abschnitt **Sensorgestützte Zählung** vorgestellt.

Die Aufnahmen können durch installierte Kameras und bei Veranstaltungen außerhalb geschlossener Gebäude zusätzlich durch Multikopter, GPS-gesteuerte Drohnen mit Kamerasystemen, Gyrocopter- oder Flugzeugüberflug aufgezeichnet werden.³⁷ Dabei ist zu beachten, dass rechtzeitig die Genehmigung für den Überflug von Menschenmassen bei der zuständigen Behörde beantragt werden muss. Eine Echtzeitzählung ohne Softwarenutzung ist bei dieser Methode sehr personalaufwendig und liefert somit nur bedingt eine zuverlässige Zahl.

3.1.5 Drehkreuzzählung

Die Zählung von Personen durch Drehkreuze oder auch Drehsperren findet vor allem in Außenbereichen von Stadien statt. Die Drehkreuze können, je nach Modell und Antrieb, in beide Durchgangsrichtungen betrieben werden.

³⁶ (Qounts e.U., 2017)

³⁷ (ClipVISION Michael Wicander Web Video & Image Productions, 2019)

Die Drehkreuze können mit einem elektromotorischen, elektromechanischen oder nur mit einem mechanischen Antrieb ausgestattet werden. Je nach Antriebsart wird zusätzlich Strom zum Betrieb benötigt.³⁸ Angrenzend an das Drehkreuz muss eine stabile Umzäunung angebracht werden.



Abbildung 10 Drehkreuz, einzelstehend³⁹

Die Übermittlung der Zählwerte kann über Datenkabel an die Schnittstelle erfolgen, gegebenenfalls kann die Einzelzutrittssteuerung zur Prüfung der Zugangsberechtigung mit einem SystemCard® Einbauleser erfolgen.⁴⁰

Zu beachten ist bei der Verwendung von Drehkreuzen, dass zunächst eine Vereinzelung des Personenstroms erfolgen muss und für Rollstuhlfahrer oder gehbehinderte Besucher eine Erweiterung, beispielsweise durch ein zusätzliches Tor, notwendig ist. Die Installation auf nicht befestigtem Untergrund ist aufwendig, da das hohe Eigengewicht des Drehkreuzes berücksichtigt werden muss.

³⁸ (AB Automatic GmbH & Co KG, 2019)

³⁹ (AB Automatic GmbH & Co KG, 2019)

⁴⁰ (SystemKom GmbH, 2019)

3.2 Sensorgestützte Zählung

Bei der sensorgestützten Zählung wird kaum Personal für die direkte Durchführung der Zählung benötigt. Es stehen heutzutage Sensoren für verschiedene Eingangsparameter zur Verfügung, z. B. Radar, Druck, Ultraschall, Optische Erfassung oder Infrarot. Eine zuverlässige Funktion setzt eine präzise Installation der Sensoren voraus. Die ggf. notwendige Kalibrierung sollte von fachmännisch ausgebildetem oder geschultem Personal ausgeführt werden oder erfolgt durch den Sensor selbst.

3.2.1 Radar

Die Aussendung von Mikrowellen erfolgt durch den Radarsensor in einer bestimmten Frequenz, treffen die Mikrowellen auf Objekte in dem Sensorbereich werden diese reflektiert. Basierend auf dem Doppler-Effekt sendet ein starres, nicht bewegliches Objekt Mikrowellen in der gleichen Frequenz zurück. Durch die Bewegung des Objektes wird die Frequenz der reflektierten Mikrowellen verändert. Bei der Annäherung an den Sensor wird die Frequenz erhöht, bei Entfernung, also Vergrößerung des Abstands zwischen Objekt und Sensor, wird die Frequenz niedriger. Die Technik findet primär in Öffnungssensoren für Türen Verwendung, da sie besonders geeignet ist für die Erfassung sich bewegender Objekte in einem festgelegten Bereich.⁴¹

3.2.2 Druck

Ein mechanischer Drucksensor, auch Plattenzählvorrichtung genannt, beschreibt einen Detektor, der auf geringe Druckveränderungen reagiert und so Fußgänger aufgrund ihres Gewichts beim Überqueren registriert.⁴² Die Verlegung des Sensors, wie in **Abbildung 11** Verlegung eines Plattensensor der Firma EcoCounter zu sehen, kann dabei unterhalb des Bodenniveaus oder des Bodenbelags erfolgen.

⁴¹ (BEA, 2019)

⁴² (Ruesch, et al., 2018)



Abbildung 11 Verlegung eines Plattensensor der Firma EcoCounter⁴³

Bei verdichteten oder erosionsgefährdeten Böden, gerade im Festivalbereich auf unbefestigten Flächen, können Platten mit eingearbeiteter Wabenstruktur verlegt werden. Um mehrere Personen zeitgleich oder deren Laufrichtung zu erfassen, werden mehrere Einzelplatten kombiniert. Eine weitergehende Datenerfassung, z. B. Laufwegfassung oder Verweildauer, kann mit diesem System allein nicht erfolgen.⁴⁴

3.2.3 Näherungssensor

Ein Näherungssensor, z. B. das SensFloor® System, erfasst Veränderungen im magnetischen Feld und benötigt, anders als der Drucksensor, keinen direkten Druck, um eine Person zu registrieren. Die Präsenzerkennung kann auch ohne Bewegung des Objektes erfolgen.

Die Sensoren werden als Unterbelag unter dem normalen Bodenbelag in mindestens zwei Dritteln der Raumfläche verlegt, dadurch können Anzahl, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit von Personen ermittelt werden.

⁴³ (Eco-Counter GmbH Deutschland, 2017)

⁴⁴ (Eco-Counter GmbH Deutschland, 2017)

Zudem soll zwischen liegenden und stehenden Personen unterschieden werden können. Die funkbasierte Datenübertragung erfolgt durch ein Sendermodul an die Auswertesoftware.⁴⁵

3.2.4 Ultraschall

Mittels Reflexion der Schallwellen, die von einem Sender im 40 kHz-Bereich ausgestrahlt werden, können Objekte oder Personen im Raum erkannt werden. Die Auswertung des reflektierten Signals erfolgt anhand des Doppler-Prinzips, sodass Bewegungen auf den Sensor zu und davon weg erfasst werden können.⁴⁶



Abbildung 12 Präsenzmelder US 360 der Firma STEINEL⁴⁷

Die primäre Nutzung von Ultraschallsensoren ist in der Präsenzerfassung von Personen in Räumen und Gebäuden. Eine Untersuchung der Eignung zur Personenzählung auf Veranstaltungen ist bei diesem Gerät noch nicht erfolgt.

⁴⁵ (Lauterbach, et al., 2019)

⁴⁶ (Steinel Vertrieb GmbH, 2019)

⁴⁷ (Steinel Vertrieb GmbH, 2019)

3.2.5 Infrarot

Die Unterscheidung von Infrarot-Sensoren erfolgt in aktive und passive Infrarot-Sensoren. Der Aktiv-Infrarotsensor sendet Infrarotlicht in einem definierten Bereich aus und wertet die Reflexion aus. Das Licht wird vom Sensor auf einen oder mehrere Bereiche ausgesendet, die Menge der reflektierten Energie wird erfasst und mit dem Wert der Ursprungseinstellung verglichen. Kommt es zu einer Differenz wird das Objekt erfasst. Die Technologie kann in Kombination mit einem Radarsensor für die Steuerung von Türen und der Absicherung von Objekten in einem Gerät erfolgen.⁴⁸

Bei dem passiven Infrarot-Sensor wird die von Personen emittierte Wärme bei Passieren des Messbereichs erfasst. Die Erfassung von Personen und deren Laufrichtungen kann auch bei dichten Menschenmengen präzise durch die Deckenmontage und die Breite des Messbereichs erfolgen.⁴⁹



Abbildung 13 CITIX-IR-Kamera (Passiv-Infrarot-Technik)⁵⁰

⁴⁸ (BEA, 2019)

⁴⁹ (Eco-Counter GmbH Deutschland, 2017)

⁵⁰ (Eco-Counter GmbH Deutschland, 2017)

3.2.6 Lichtschranke

Bei Einweglichtschranken (**Abbildung 14**) wird das Licht vom Sender zu dem separaten Empfänger gesendet, bei Durchschreiten des Lichtstrahls wird dieser unterbrochen und das Objekt wird erfasst bzw. gezählt.⁵¹

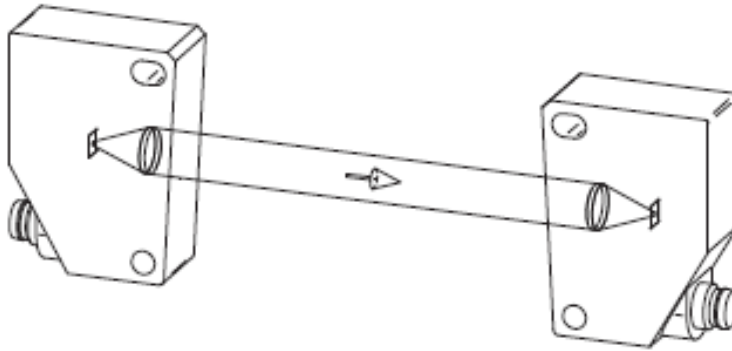


Abbildung 14 Einweglichtschranke, links der Sensor, rechts der separate Empfänger⁵²

3.2.7 Laser (2D/3D)

Ein Laser-Sensor ist ein aktiver Sensor, von dem ein gebündelter Lichtstrahl ausgesendet und der reflektierte Signalarücklauf beim Empfänger ausgewertet wird. Bei der Deckenmontage des Lasers erzeugt jede Person, die durch den Laserstrahl läuft, eine spezifische Reflexion aufgrund derer eine Unterscheidung zwischen Erwachsenen, Kindern oder Personengruppen möglich ist.⁵³ Die Unterscheidung in 2D- und 3D-Laserstrahlen wird anhand der Richtungen vorgenommen, in die die Laserstrahlen ausgesendet werden.⁵⁴

Der Einsatz von Lasertechnologie mit Lichtlaufzeitmessung ist unempfindlich gegenüber Raumbeleuchtung oder Lichtverhältnissen und kann sowohl in als auch außerhalb von Gebäuden eingesetzt werden. Die Kopplung mehrerer Laser-Sensoren vergrößert den Erfassungs- und Zählungsbereich.

⁵¹ (Baumer GmbH, 2019),

⁵² (Baumer GmbH, 2019)

⁵³ (Klausmann, et al., 2009)

⁵⁴ (BEA, 2019)

Die Auswertung der übermittelten Daten kann nach funkbasierter Datenübertragung über entsprechende Software oder eine mobile App erfolgen.⁵⁵

3.2.8 Optischer Sensor

Die Bildanalyse erfolgt direkt im Sensor, in dem durch die integrierte Bilderkennung Positivbilder mit Negativbildern in Echtzeit abgeglichen werden. Die Bilder des hochempfindlichen optischen Systems werden mit mathematischen Algorithmen kombiniert und ausgewertet.



Abbildung 15 HPD2 Sensor (Human Presence Detection) der Firma STEINEL⁵⁶

Der Sensor ist vorrangig für den Innenbereich vorgesehen, eine Verwendung bei Temperaturen unter 0°Celsius ist nicht möglich.⁵⁷

⁵⁵ (BEA, 2019)

⁵⁶ (Steinel Vertrieb GmbH, 2019)

⁵⁷ (Steinel Vertrieb GmbH, 2019)

3.2.9 3D Kamerabasierte Zählung

Die Zählung aber auch das Tracking von Personen mit der hochauflösenden 3D-Stereokamera erfolgt auf der Grundlage der 3D Stereo Vision Distanz Messung. Die Verbreiterung des Messbereichs kann durch die Kombination mehrerer Sensoren erfolgen.⁵⁸



Abbildung 16 3D Stereo Personenzähler⁵⁹

⁵⁸ (Dipl.Ing.Preiser MRT oHG, 2019)

⁵⁹ (Dipl.Ing.Preiser MRT oHG, 2019)

3.3 Senderzählung

Die, in diesem Kapitel vorgestellten, Systeme sind nur bedingt für die reine Personenzählung auf Veranstaltungen geeignet. Sie finden unter anderem in kombinierten Systemen und für das Crowd Management im Rahmen der Senderverfolgung Verwendung.

3.3.1 Wi-Fi und WLAN

Wi-Fi bzw. WLAN beschreibt ein funkbasiertes Kommunikationssystem im Standard IEEE 802.11 und dessen Nachfolgern, das vor allem mit mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets Anwendung findet.⁶⁰

Im Bereich des Veranstaltungsgeländes können Areale mit hoher Benutzerdichte durch zusätzliche Drahtlosnetzwerke abgedeckt werden.⁶¹ Geräte, die sich aktiv in das WLAN einwählen, können anhand der übermittelten MAC- oder IP-Adresse eindeutig identifiziert und verfolgt werden. Die Vorhaltung und Installation von den benötigten Systemkomponenten ist ein zusätzlicher und nicht zu verachtender Kostenfaktor, wenn die Personenzählung darüber erfolgen soll. Voraussetzung ist die aktive Zustimmung und Nutzungsfreigabe durch den Besitzer bzw. den Endnutzer des Gerätes nach Maßgabe der DSGVO.⁶²

In Abhängigkeit von den WLAN-Sicherheitseinstellungen des Endgerätes können neben der Verweildauer auch der Anteil wiederkehrender Besucher als weitere analytische Funktion erfasst werden.⁶³

3.3.2 Bluetooth

Bei der Übertragung zwischen Sender und Empfänger wird durch das Frequenzsprungverfahren eine Kombination von Kanälen verwendet, die ausschließlich dem Sender und Empfänger bekannt sind.

⁶⁰ (Communitic International S.A.R.L. (GmbH), 2019)

⁶¹ (Communitic International S.A.R.L. (GmbH), 2019)

⁶² (Baumann, 2019)

⁶³ (WWM GmbH & Co. KG, 2019)

Die Verbindung zwischen Sender und Empfänger, also zwei Bluetooth-Geräten, durchläuft mehrere Phasen, was ein gewisses Sicherheitsniveau gewährleistet. Ist die Verbindung, das sogenannte Pairing, zwischen den beiden Geräten aktiviert, kann das Master-Gerät den Kommunikationskanal frei benutzen und mit dem Empfänger kommunizieren.⁶⁴ Nachteilig gegenüber der WLAN-Verbindung ist die geringere Reichweite und langsamere Datenübertragung, zudem sind Bluetooth-Sender und -Empfänger mit einer eindeutigen Seriennummer identifizierbar, dies erfordert besondere Beachtung im Hinblick auf den Datenschutz.⁶⁵

3.3.3 Funkzellenabfrage

Ein Mobilfunknetz ist, ähnlich einem zellulären Aufbau, in aneinandergrenzende Gebiete, die sogenannten Funkzellen, unterteilt. Die unterschiedlich großen Funkzellen erstrecken sich wabenartig über das Gebiet der Bundesrepublik. In dicht besiedelten Gebieten ist der Durchmesser einer Funkzelle deutlich geringer als auf einer unbebauten Freifläche auf dem Land. Die Versorgung der Funkzelle wird durch eine Mobilfunkbasisstation gewährleistet. Die Basisstation ist eine fest installierte Sende- und Empfangsanlage. Die Auslastung von Funkzellen ist stark abhängig von der Anzahl der ausgewählten Endgeräte.⁶⁶

Bei der Einwahl des mobilen Endgerätes über den nächstgelegenen Mast in das Mobilnetz, also der Kommunikation mit dem Netz, werden Verkehrsdaten dieser Verbindung in Datenfelder übertragen und beim Mobilfunkanbieter gespeichert. Zu den Verkehrsdaten gehören unter anderem der Zeitpunkt von Beginn und Ende der Verbindung aber auch die IP-Netzadresse und die Kennung der Funkzelle. Durch die nicht personalisierte Funkzellenabfrage kann somit ermittelt werden, wie viele Endgeräte sich über die jeweilige Funkzelle zu einem bestimmten Zeitpunkt eingewählt haben. Die erweiterte Bestandsdatenabfrage würde über die Registrierung der Handynummer eine Zuordnung zu Name und Adresse des Inhabers ermöglichen.⁶⁷

Im Rahmen einer Veranstaltung und des zu erwartenden Datenverkehrs kann eine zeitlich begrenzte Funkzelle auf dem Gelände durch einen Mobilfunkbetreiber eingerichtet werden.

⁶⁴ (Communitic International S.A.R.L. (GmbH), 2019)

⁶⁵ (Ströer Digital Publishing GmbH, 2015)

⁶⁶ (Lichtblick Kommunikation, 2019)

⁶⁷ (Buermeyer & Meister, 2018)

3.3.4 NFC und RFID - Technologie

RFID (Radio Frequency Identification) ist die funkbasierte Technologie zur automatischen und berührungslosen Identifikation oder Lokalisation durch die Übertragung von Daten über Radiowellen.⁶⁸

Zur Datenübertragung mithilfe von RFID werden ein Transponder (Empfänger) und ein Lesegerät verwendet. Das Lesegerät sendet ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld, durch das der, auf dem Transponder gespeicherte, Code gelesen und entschlüsselt werden kann. Bei ausreichender Nähe zwischen Lesegerät und Transponder können so Daten und Energie berührungslos übertragen werden. Durch den Einsatz von batterie- oder akkubetriebenen Transpondern kann die Reichweite der Datenübertragung erhöht werden.⁶⁹

Die NFC (Near Field Communication⁷⁰) ist eine Spezialisierung der RFID-Technik, sie bezeichnet einen Übertragungsstandard zum drahtlosen Austausch bei maximal 5 cm Abstand. Eine Kommunikation kann dabei zwischen zwei NFC-Geräten erfolgen.⁷¹ Armbänder oder auch Eintrittskarten werden mit einem passiven Transmitter ausgestattet. Auf diesen sogenannten NFC-Tags können die gewünschten Daten, wie Zutrittsberechtigung oder auch Zahlungsdaten gespeichert werden. Der aktive NFC-Transmitter im Ein- bzw. Ausgangsbereich der Veranstaltung oder an den Kassenanlagen überträgt Energie auf den passiven Transmitter und die gespeicherten Daten werden übertragen.⁷²

NFC Armbänder oder Eintrittskarten mit NFC-Chip können bei Veranstaltungen zur Zutrittskontrolle verwendet werden. Ebenso kann der NFC Chip als automatisches Zahlungsverfahren auf dem Veranstaltungsgelände genutzt werden. Voraussetzung für die Nutzung ist die entsprechende Hardware, also Geräte zum Auslesen und die zugehörige Software zum Einlesen und Aufladen der Informationen.⁷³

⁶⁸ (Widmer, et al., 2016)

⁶⁹ (Gilch, 2019)

⁷⁰ deutsch: Nahfeldkommunikation

⁷¹ (Gilch, 2019)

⁷² (NFC21 GmbH, 2019)

⁷³ (NFC21 GmbH, 2019)

3.3.5 GPS

Die Ortung über GPS (Global Positioning System) erfolgt anhand der Entfernungsberechnung zwischen den Satelliten in der Erdumlaufbahn und dem GPS-Gerät des Empfängers. Der Empfänger berechnet anhand der codierten Radiosignale die Entfernung zu den Satelliten und ermittelt daraus die Position. Die eindeutige Positionsbestimmung benötigt den Empfang der Funksignale von mindestens vier Satelliten. GPS-Empfänger dienen im Smartphone zur aktuellen Positionsbestimmung und Navigation.^{74,75}

Die aktive Zustimmung durch den Benutzer ist für die Nutzung und Auswertung erforderlich, zudem muss der Widerruf der Zustimmung und damit die Abmeldung bzw. Beendigung der Funktion gemäß § 94 und § 98 Telekommunikationsgesetz jederzeit möglich sein.

Die reine Personenzählung über die Ortung mittels GPS-Positionierung ist mit einem erheblichen Verwaltungsaufwand verbunden. Der Besucher muss über die Erhebung seiner Standortdaten informiert werden, zudem kann nach Zustimmung die Einwilligung jederzeit widerrufen werden. Gemäß DGSVO (vgl. **Rechtliche Grundlagen**) fallen die Erhebung von Aufenthaltsorten und zugehörigem Ortswechsel in den Datenbereich, der ein hohes Risiko für die Rechte und Freiheiten natürlicher Personen darstellt.

⁷⁴ (MagicMaps - eine Marke der Maschinenteknik Schrode AG, 2019)

⁷⁵ (Ruesch, et al., 2018)

3.4 Ergebnisse

Die Herausforderung für die Nutzung von Systemen zur Personenzählung beginnt bei der richtigen Wahl der Zählmethode bis hin zu der Installation und der Schaffung der benötigten Infrastruktur von Strom, Beleuchtung und Datenübertragung. Zudem muss bei der Wahl berücksichtigt werden, ob das ggf. vorhandene System, z. B. in Stadien, mit dem geplanten System kompatibel und interoperabel ist.

3.4.1 Analysetabellen

Die Angaben zu technischen Daten, insbesondere aber die Preisangaben beruhen auf den Informationen der jeweiligen Hersteller oder Vertreiber. Die Quellenangaben sind im jeweiligen Kapitel aufgeführt.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit der Tabellen erfolgt auf den nachfolgenden Seiten die Unterteilung auf die einzelnen Methoden.

Manuelle Personenzählung

Bei der manuellen Personenzählung müssen neben der Zuverlässigkeit auch die Umweltbedingungen sowie der Faktor Mensch (Motivation, Durchhaltefähigkeit, Einsatzdauer, Ermüdung) berücksichtigt werden. Als Grundlage für die manuelle Personenzählung sind pro geschultem Zähler 500 Personen einer Gehwegseite für beide Richtungen in einer Zählstunde ermittelt worden. Je dichter die Personengruppe und je mehr Attribute erfasst werden und je länger die Zählung ohne Pausen durchgeführt wird, desto größer wird die Abweichung.⁷⁶

Zusätzlich muss die Datenübertragung aber auch die nachträgliche Digitalisierung und Zusammenführung der erfassten Zähl Daten erfolgen. Die videobasierte Zählung erfolgt in der Nachbereitungsphase der Veranstaltung (nach Veranstaltungsende). Die Analyse der Umweltbedingungen ist hier nicht erforderlich, da die Auswertung in einem normalen Arbeitsumfeld mit angenehmen Arbeitsklima erfolgen kann.

⁷⁶ (Zweibrücken, et al., 2005)

Tabelle 4 Analyse der Systeme der manuellen Personenzählung

Aspekt	Manuelle Personenzählung					
		Handzählung Mechanischer Handzähler	Formularzählung	Modernisierte Formularzählung	Video- oder bildgestützte Zählung	Drehkreuzzählung
Qualität	Genauigkeit %-Abweichung	*	*	*	*	0 %
	Kalibrierung	N	N	N	N	N
Kosten	Materialkosten	gering, zzgl. Personalkosten	gering, zzgl. Personalkosten	mittel, zzgl. Personalkosten	mittel, zzgl. Personalkosten	hoch
	Mietoption	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Umwelt	Temperatur	*	*	*	/	-25°C +45°C
	Luftfeuchtigkeit	*	*	*	/	IP 43
Grenzen	Max. Breite	*	*	*	/	63 cm
	Bidirektionale Erfassung	B	B	G	G	G
	Vereinzelung Personenströme	N	N	N	N	J
Peripherie	Stromzufuhr Batteriebetrieb	N	N	Aufladung Akku	Strom	Strom
	Datenübertragung	*	*	UMTS, GSM, 3G, WLAN	*	LAN, UMTS, GSM, 3G
Flexibilität	Deckenmontage Seitenmontage	Seitliche Positionierung	Seitliche Positionierung	Seitliche Positionierung	Decken- montage	/
	Indoor	G	G	G	G	B
	Outdoor	G	G	G	G	G

N= nicht erforderlich
J = erforderlich, notwendig
/ = nicht anwendbar

G = gut geeignet
B = bedingt geeignet
k. A. = keine Angabe seitens Hersteller

X = nicht möglich
* = Bemerkung, siehe Fließtext

Sensorgestützte Zählung

Der Einsatz von Ultraschall-Sensoren zur reinen Personenzählung auf Veranstaltungen ist durch die angefragten Hersteller bislang nicht vorgesehen. Die Sensoren werden vorrangig zur Detektion von beweglichen Objekten in der Herstellungsindustrie oder aber für automatische Türöffner eingesetzt.

Die Analyse des Näherungssensors kann nicht erfolgen, da, trotz schriftlicher Bitte an den Entwickler, keine weiteren technischen Daten übermittelt wurden. Die Radartechnologie wird primär im Bereich der Türöffnungen eingesetzt, eine zusätzliche Nutzung zur Personenzählung ist bei den betrachteten Geräten momentan durch den Hersteller bzw. Vertreiber nicht vorgesehen.⁷⁷

Die aufgeführten Produktnamen dienen als Verweis auf die Quelle der technischen Daten und Informationen.

⁷⁷ (BEA, 2019)

Tabelle 5 Analyse der Systeme der sensorgestützten Zählung

Aspekt	Sensorgestützte Zählung								
		Radar	Druck Eco-Plattensensor	Näherungssensor SensFloor®	Passiv-Infrarot CITIX IR	Lichtschränke Sensalytics	Laser LZR® Sigma	Optischer Sensor HPD2	3 D Kamerabasiert Xovis PC2
Qualität	Genauigkeit %-Abweichung	*	k. A. +/- 5 %	*	k. A.	98 % 2 %	k. A.	k. A.	k. A.
	Kalibrierung	*	autom.	*	autom.	N	k. A.	k. A.	Manuell
Kosten	Materialkosten	*	k. A.	*	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
	Mietoption	*	k. A.	*	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Umwelt	Temperatur	*	-40°C +40°C	*	-40°C +50°C	k. A.	-25°C 55°C	0°C +40°C	-25°C +60°C
	Luftfeuchtigkeit	*	IP 68	*	IP 66	k. A.	0-95% IP 53	IP 20	20-80 %
Grenzen	Max. Breite	*	10 m	*	15 m	k. A.	5,5 m	10 m	7x5 m
	Bidirektionale Erfassung	*	G	*	G	G	G	k. A.	G
	Vereinzelung Personenströme	*	N	*	N	N	N	k. A.	N
Peripherie	Stromzufuhr Batteriebetrieb	*	Batterie	*	Netz- strom	Batterie	Netzstrom PoE	Netz- strom	PoE
	Datenübertragung	*	GSM, 3G	*	GSM, 3G	k. A.	3G/2G	Bus	LAN.
Flexibilität	Deckenmontage Seitenmontage	*	Boden	*	Decke 3-4 m	Seiten	Decke 2-5,5 m	Decke 2,3-6 m	Decke 2,2-6 m
	Indoor	*	G	*	G	G	G	G	G
	Outdoor	*	G	*	G	k. A.	G	X	G

N= nicht erforderlich
J = erforderlich, notwendig
/ = nicht anwendbar

G = gut geeignet
B = bedingt geeignet
k. A. = keine Angabe seitens Hersteller

X = nicht möglich
* = Bemerkung, siehe Fließtext

3.4.2 Senderzählung und -verfolgung

Die Erfassung der maximalen Personenzahlen einer Veranstaltung durch die reine Senderzählung (siehe Kapitel 3.3) ist nicht zuverlässig und kann von zu vielen Faktoren beeinflusst werden.

Nicht jeder Endnutzer des Gerätes aktiviert während der Veranstaltung die Einstellung für die Nutzung von WLAN oder die Bluetooth-Schnittstelle. Zusätzlich muss entsprechende Technik aufgestellt werden, damit eine Überlastung der genutzten Funktion ausgeschlossen werden kann. Zur alleinigen Nutzung zur Personenzählung ist die Senderzählung via Bluetooth und WLAN nicht geeignet, auf die Auflistung der technischen Daten zur Analyse in **Tabelle 1** wird deshalb verzichtet. Die Zählgenauigkeit würde in diesem Bereich bei nur 40-70 % liegen.⁷⁸

Da die Senderverfolgung für das Crowd Management und die Auswertung einer Veranstaltung durchaus von Nutzen sein kann, erfolgt die Bewertung der im Kapitel 3.3 dargestellten Sender anhand dieses Gesichtspunkts und wird zusammenfassend in **Tabelle 9** aufgeführt.

Die Funkzellenabfrage kann technisch gut umgesetzt werden, über die Abfrage der Telekommunikationsdaten für die jeweilige Funkzelle können Rückschlüsse auf die Anwesenheit der Endgeräte und ihre Verweildauer in der Funkzelle gezogen werden. Wenn auf dem Veranstaltungsgelände mehrere Funkzellen errichtet und betrieben werden, kann durch die Einwahldaten ein Bewegungsprofil der Endgeräte erstellt werden.

Die Senderverfolgung mittels Funkzellenabfrage obliegt in Deutschland allerdings den Strafverfolgungsbehörden. Auf richterlichen Beschluss kann eine Funkzellenabfrage erwirkt werden, dies aber nur unter den entsprechenden Voraussetzungen gemäß § 100 g und § 100 h der Strafprozessordnung. Im Rahmen der Personenzählung auf Großveranstaltungen oder dem erweiterten Crowd Management steht diese Methode nicht zur Verfügung und wird deshalb in der Bewertungstabelle nicht aufgeführt.

Die NFC und RFID-Technologie kann nur in Verbindung mit entsprechenden Lesegeräten erfolgen, diese können beispielsweise an Drehkreuzen im Eingangsbereich und Ausgangsbereich angebracht werden. Zur Senderverfolgung eignet sich diese Methode nicht, die begrenzte Reichweite der Datenübertragung kann bspw. nicht für die Laufwegefassung genutzt werden.

⁷⁸ (tectuality GmbH, 2019)

Zudem muss beachtet werden, dass bei dieser Methode zur Personenzählung ebenfalls die Vereinzelung des Personenstroms erfolgen muss.

Die Personenzählung über GPS ist ähnlich wie Bluetooth und WLAN von zu vielen Faktoren abhängig und somit sehr ungenau. Auch hier muss zunächst die Aktivierung und Zustimmung durch den Nutzer des Endgerätes erfolgen, zur reinen Personenzählung kann es daher nicht verwendet werden. Für das Crowd Management kann die Methode unter entsprechenden Voraussetzungen in Kombination mit einer spezifischen App für die Veranstaltung durchaus eingesetzt werden.

3.4.3 Bewertungstabellen

Die nachfolgende Bewertung der Methoden erfolgt im Hinblick auf ihre Anwendungsmöglichkeiten während oder nach der Veranstaltung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Methoden für sich einzeln betrachtet wurden, eine Kombination mehrerer Methoden kann zur einer Erweiterung des Anwendungsspektrums führen. Die NFC und RFID-Technologie ist einzeln betrachtet nur bedingt für die Echtzeitmessung der Besucherzahlen geeignet, in Kombination mit Drehkreuzen und entsprechenden Lesegeräten ist die Zählung zuverlässiger. Zudem sind bei den Methoden der manuellen Personenzählung zusätzliches Material zur Funkübertragung und ein hoher Personalaufwand notwendig.

Tabelle 6 Anwendungseignung der vorgestellten Methoden für den Aspekt Besucherzahlen

Kapitel	Methode der Zählung	Besucherzahlen	
		Gesamt	Echtzeit
3.1.1	Handzählung	•	•
3.1.2	Formularzählung	•	•
3.1.3	Mod. Formularzählung	• • •	• • •
3.1.4	Videogest. Zählung	• •	•
3.1.5	Drehkreuzzählung	• • •	• •
3.2.1	Radar	•	•
3.2.2	Druck	• •	• •
3.2.3	Näherungssensor	<i>Bewertung nicht möglich</i>	
3.2.4	Ultraschall	•	•
3.2.5	Infrarot	• •	• •
3.2.6	Lichtschanke	•	•
3.2.7	Laser 2D/3D	• • •	• • •
3.2.8	Optischer Sensor	•	•
3.2.9	3D Kamerabasierte Z.	• • •	• • •
3.3.1	Wi-Fi und WLAN	⊗	⊗
3.3.2	Bluetooth	⊗	⊗
3.3.3	FZA	⊗	⊗
3.3.4	NFC RFID	•	•
3.3.5	GPS	⊗	⊗
Mögliche Anwendung		Max. erreichte Besucherzahl	Monitoring, Vermeidung Überfüllung
⊗ nicht geeignet • bedingt geeignet • • geeignet • • • sehr gut geeignet			

Eine Laufwegerfassung durch die modernisierte Formularzählung (s. Kapitel 3.1.3) oder die bild-/videogestützte Zählung (s. Kapitel 3.1.4) ist bedingt möglich, Voraussetzung hierfür ist die Positionierung mehrerer Zählpersonen im Wegeverlauf und an Kreuzungsbereichen auf dem Veranstaltungsgelände. Die Identifizierung einzelner Personen anhand von besonderen äußeren Merkmalen kann bei Weitergabe an die anderen Zählpersonen oder bei der Bild- und Videoauswertung zur Erkennung von Laufwegen genutzt werden.

Tabelle 7 Anwendungseignung der vorgestellten Methoden für den Aspekt Laufwegerfassung

Kapitel	Methode der Zählung	Laufwegerfassung	
		Nachbereitung	Echtzeit
3.1.1	Handzählung	⊗	⊗
3.1.2	Formularzählung	⊗	⊗
3.1.3	Mod. Formularzählung	•	⊗
3.1.4	Videogest. Zählung	•	⊗
3.1.5	Drehkreuzzählung	⊗	⊗
3.2.1	Radar	⊗	⊗
3.2.2	Druck	⊗	⊗
3.2.3	Näherungssensor	<i>Bewertung nicht möglich</i>	
3.2.4	Ultraschall	⊗	⊗
3.2.5	Infrarot	⊗	⊗
3.2.6	Lichtschranke	⊗	⊗
3.2.7	Laser 2D/3D	•	•
3.2.8	Optischer Sensor	• • •	• • •
3.2.9	3D Kamerabasierte Z.	• • •	• • •
3.3.1	Wi-Fi und WLAN	• • •	• • •
3.3.2	Bluetooth	⊗	⊗
3.3.3	FZA	⊗	⊗
3.3.4	NFC RFID	⊗	⊗
3.3.5	GPS	• •	• •
Mögliche Anwendung		Optimierung Wegeplanung	Veranstaltungs- steuerung
⊗ nicht geeignet • bedingt geeignet • • geeignet • • • sehr gut geeignet			

Der Einzelaspekt Verweildauer ist nicht auf die Gesamtheit der Besucher, sondern auf den einzelnen Besucher bezogen.

Tabelle 8 Anwendungseignung der vorgestellten Methoden für den Aspekt Datenerfassung

Kapitel	Methode der Zählung	Datenerfassung		
		Verweildauer	Alter	Geschlecht
3.1.1	Handzählung	⊗	•	•
3.1.2	Formularzählung	⊗	•	•
3.1.3	Mod. Formularzählung	⊗	•	•
3.1.4	Videogest. Zählung	⊗	• •	• •
3.1.5	Drehkreuzzählung	•	⊗	⊗
3.2.1	Radar	⊗	⊗	⊗
3.2.2	Druck	⊗	⊗	⊗
3.2.3	Näherungssensor	<i>Bewertung nicht möglich</i>		
3.2.4	Ultraschall	⊗	⊗	⊗
3.2.5	Infrarot	⊗	⊗	⊗
3.2.6	Lichtschanke	⊗	⊗	⊗
3.2.7	Laser 2D/3D	⊗	⊗	⊗
3.2.8	Optischer Sensor	⊗	⊗	•
3.2.9	3D Kamerabasierte Z.	⊗	• •	• •
3.3.1	Wi-Fi und WLAN	•	⊗	⊗
3.3.2	Bluetooth	•	⊗	⊗
3.3.3	FZA	⊗	⊗	⊗
3.3.4	NFC RFID	•	⊗	⊗
3.3.5	GPS	•	⊗	⊗
Mögliche Anwendung		Aktivitäts- und Attraktivitätsbewertung, Gruppenbildung Zielgruppenermittlung		
⊗ nicht geeignet • bedingt geeignet • • geeignet • • • sehr gut geeignet				

Die Anwendungseignung aller vorgestellten Methoden ist in **Tabelle 9** auf der nachfolgenden Seite zusammengefasst. Eine Methode, die alle Anforderungen bezüglich einer möglichen Verwendung im Rahmen einer Großveranstaltung erfüllt, kann nicht identifiziert werden. Jede Methode hat entsprechende Vor- und Nachteile und Grenzen in der Anwendung.

Die Bewertung der Kosten konnte aufgrund von fehlenden Angaben seitens der Hersteller und Vertrieber nicht durchgeführt werden.

Tabelle 9 Zusammenfassung der Anwendungseignung der vorgestellten Methoden

Oberbegriff	Besucherzahlen		Laufwegfassung		Datenerfassung		
	Gesamt	Echtzeit	Nachbereitung	Echtzeit	Verweildauer	Alter	Geschlecht
Hand	•	•	⊗	⊗	⊗	•	•
Formular	•	•	⊗	⊗	⊗	•	•
Mod. Formular	• • •	• • •	⊗	⊗	⊗	•	•
Video	• •	•	•	•	⊗	• •	• •
Drehkreuz	• • •	• •	⊗	⊗	•	⊗	⊗
Radar	•	•	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Druck	• •	• •	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Näherungssensor	<i>Bewertung nicht möglich</i>						
Ultraschall	•	•	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Infrarot	• •	• •	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Lichtschanke	•	•	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Laser 2D/3D	• • •	• • •	•	•	⊗	⊗	⊗
Optischer Sensor	•	•	• • •	• • •	⊗	⊗	•
3D-Kamerab. Zählung	• • •	• • •	• • •	• • •	⊗	• •	• •
Wi-Fi und WLAN	⊗	⊗	• • •	• • •	⊗	⊗	•
Bluetooth	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	•
FZA	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
NFC RFID	• •	• •	⊗	⊗	⊗	⊗	•
GPS	⊗	⊗	• •	• •	⊗	⊗	•
Mögliche Anwendung	Max. erreichte Besucherzahl	Monitoring, Vermeidung Überfüllung	Optimierung Wegeplanung	Veranstaltungssteuerung	Attraktivitätsbewertung, Gruppenbildung, Aktivitätsbewertung, Zielgruppenermittlung		
⊗ nicht geeignet • bedingt geeignet • • geeignet • • • sehr gut geeignet							

3.4.4 Umfrageergebnis

Von den eingeladenen Teilnehmern haben zehn an der Umfrage teilgenommen, davon haben vier die Umfrage vollständig abgeschlossen. Von zwei Teilnehmern folgte eine schriftliche Absage per Email. Aufgrund der geringen Resonanz können die Ergebnisse der Umfrage nicht auf die momentane Situation auf Veranstaltungen extrapoliert werden und besitzen keine Aussagekraft bezüglich der Verwendung von Zählmethoden.⁷⁹

Die vollständige Ergebnisübersicht der einzelnen Fragen der Umfrage befindet sich im Anhang. Eine Auswahl der gestellten Fragen soll in diesem Kapitel dennoch betrachtet werden.

Die Frage zur Größeneinteilung der Veranstaltung (Frage Nr. 2) wurde von neun Teilnehmern beantwortet.

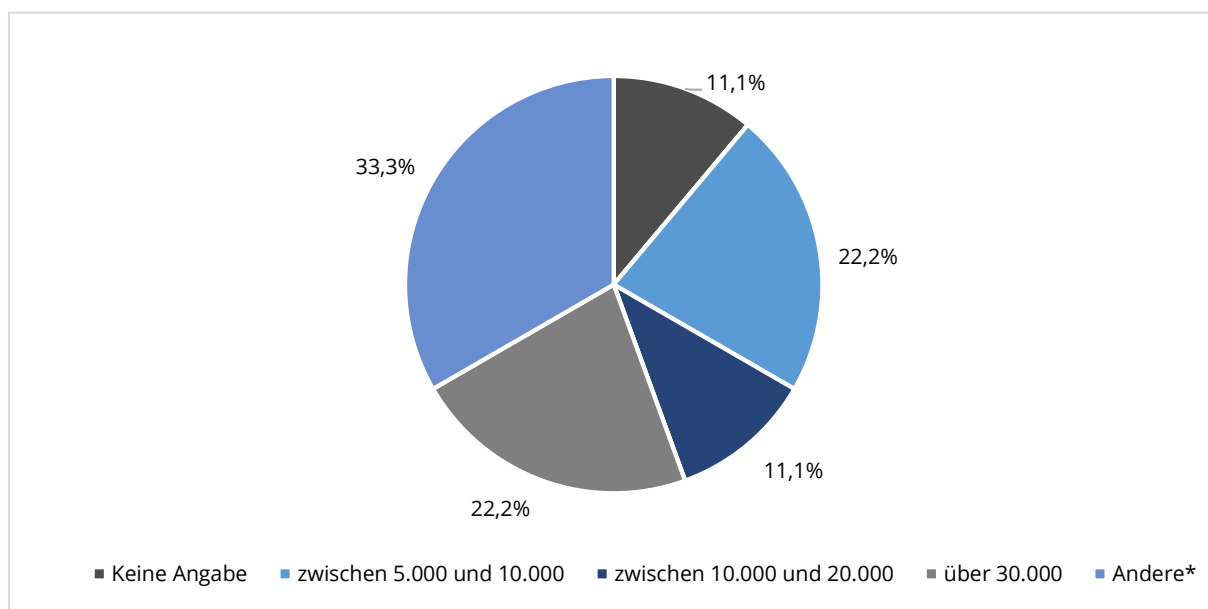


Abbildung 17 Fragestellung: *Wie viele Besucher haben Sie pro Tag der Veranstaltung?*

Die Angaben * lauten: zwischen 350.000 und 500.000, über 50.000 und 100.000 Besucher. Gemäß den Grenzwerten von 5.000 zeitgleich anwesenden oder 100.000 täglich anwesenden Besuchern⁸⁰ können alle an der Umfrage beteiligten Veranstaltungen als Großveranstaltung eingestuft werden.

⁷⁹ Umfrage erstellt mit (enuvo GmbH, 2019)

⁸⁰ (Konsortium des BMBF-Verbundprojektes, 2015)

(Ministerium für Inneres und Kommunales NRW, 2012)

Die Frage (Frage Nr. 4) zur Geländebeschreibung wurde von neun Teilnehmern beantwortet, es ist deutlich zu erkennen, dass die Veranstaltungen vor allem auf Freiflächen mit teilweiser Nutzung von Gebäuden stattfinden (vgl. **Abbildung 4** auf Seite 13).

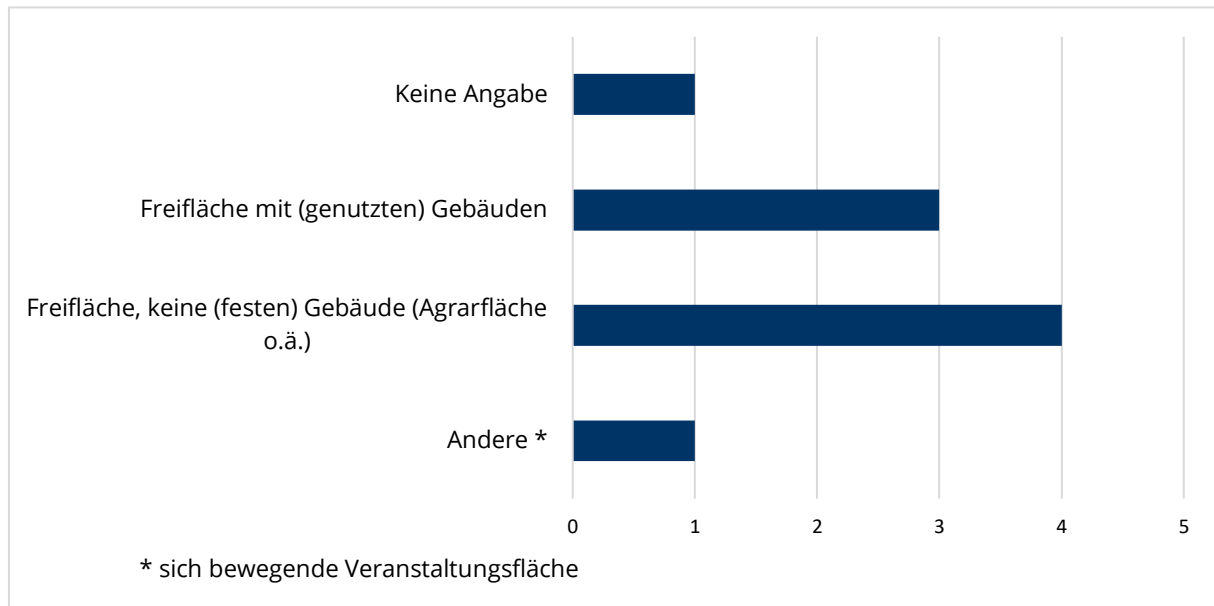


Abbildung 18 Fragestellung: Welche der nachfolgenden Eigenschaften beschreibt Ihr Veranstaltungsgelände am besten?

Freiflächen haben den Vorteil gegenüber festen Gebäudestrukturen, dass ein Ausweiten der Veranstaltungsfläche aber auch eine Entfluchtung des Geländes nicht baulich beschränkt ist.

Die, auf der nachfolgenden Seite dargestellte, Frage über den Einsatz der Systeme zur Personenzählung (Frage Nr. 6) wurde nur von sechs Teilnehmer beantwortet.

Der Einsatz der Systeme erfolgt vorrangig an den Grenzen des Veranstaltungsbereiches zu den weiteren Flächen (Campingbereich und Parkplatz) sowie im Bereich des Eingangs und der Kartenkontrolle. Im Parkplatzbereich selbst erfolgt die Personenzählung nur auf einer Veranstaltung. Eine Besonderheit ist als Antwort im Zusatzfeld angegeben worden, dort erfolgt die Personenzählung durch die Polizei entlang der Streckenführung der Veranstaltung mit beweglichem Veranstaltungsgelände.⁸¹

⁸¹ Ähnlich dem Vorbild der Loveparade wird die Musik auf der Veranstaltung von fahrenden und für den Zweck umgebauten Lastkraftwagen abgespielt. Entlang einer vordefinierten Strecke halten sich dann die Besucher auf. Zudem erfolgt eine weitere Kontrolle im Einlass der Aftermove-Party.

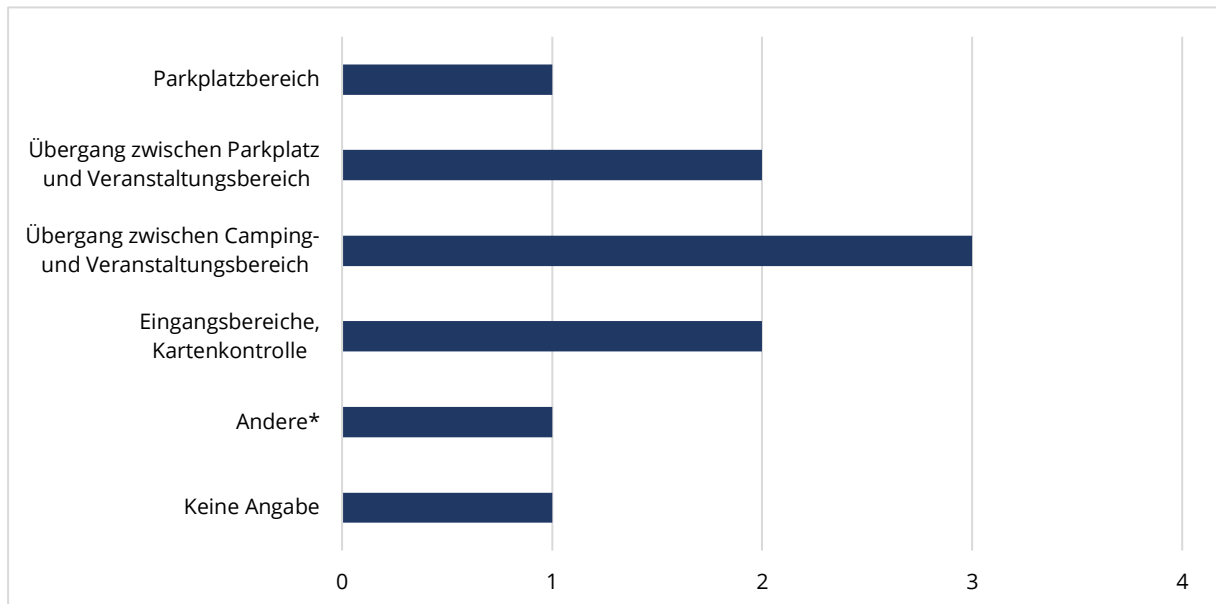


Abbildung 19 Fragestellung: Wo werden auf Ihrem Veranstaltungsgelände Systeme zur Personenzählung eingesetzt?

Die einzige Pflichtfrage der Umfrage (Frage Nr. 7) galt der Verwendung der Zählsysteme bei den Veranstaltungen. Die Frage wurde von sechs Teilnehmern beantwortet.

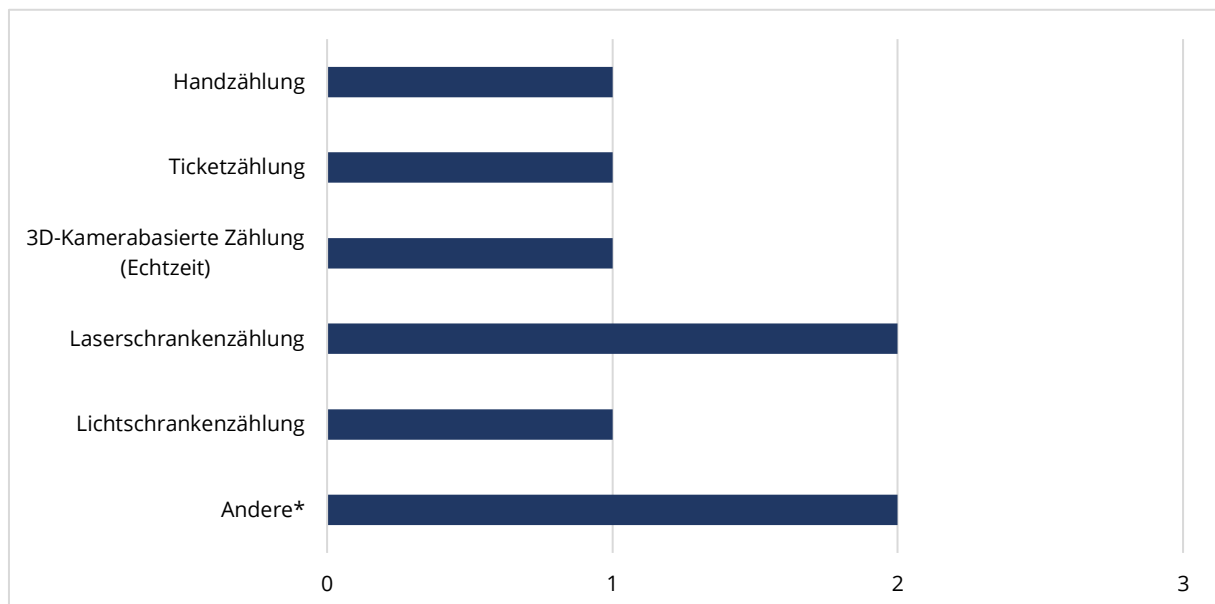


Abbildung 20 Fragestellung: Welche Zählsysteme verwenden Sie bei Ihrer Veranstaltung/Ihren Veranstaltungen? (Pflichtfrage)

Die unter Andere* aufgeführten Antworten waren „Ticketzählung bei der Aftermove Party“ und „Personenerfassungsfeature in Veranstaltungs-App (nach Freigabe bei der Installation)“.

Aufgrund der geringen Resonanz kann zwar eine leichte Tendenz erkannt, diese kann aber nicht auf alle Veranstaltungen extrapoliert werden.

Die Frage zum Ausfall oder zur Überlastung von der zur Personenzählung eingesetzten Systemen (Frage Nr.11) wurde nur von drei Teilnehmern beantwortet.

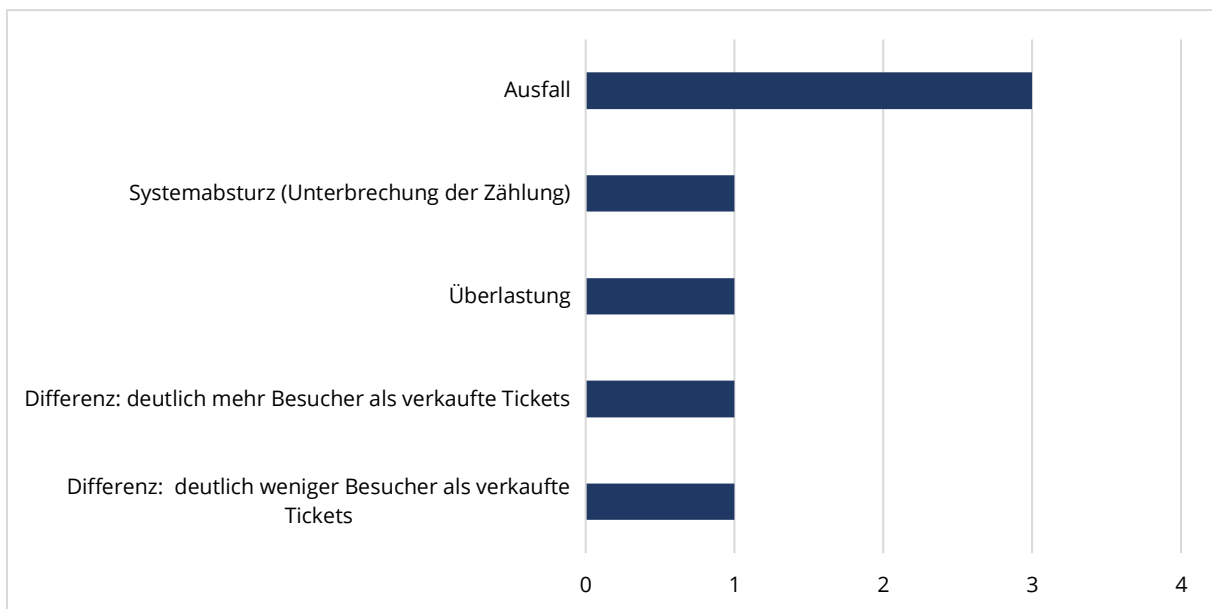


Abbildung 21 Fragestellung: Ist das von Ihnen aktuell verwendete System zur Personenzählung schon mal ausgefallen oder überlastet gewesen? Haben Sie deutliche Differenzen zwischen verkauften Tickets und gezählten Besuchern festgestellt?

Die Frage muss in Beziehung zu den verwendeten Zählsystemen betrachtet werden. Die drei Teilnehmer haben folgende Zähltechniken verwendet: Teilnehmer A hat Lichtschranken-zählung und die Personenerfassung in der App verwendet, bei Teilnehmer B wurde 3D-Kamerabasierte Zählung in Echtzeit und die Laserschranken-zählung eingesetzt. Teilnehmer C hat nur die Laserschranken-zählung angewendet. Von einem Ausfall des Systems waren alle drei Teilnehmer betroffen, eine Überlastung sowie ein Systemabsturz mit Unterbrechung der Zählung trat bei Teilnehmer C ein. Beide Differenzen, sowohl deutlich mehr als auch deutlich weniger Besucher als verkaufte Tickets traten bei Teilnehmer A auf. Da bei Teilnehmer A und B mehrere Zählsysteme angegeben waren, kann kein Rückschluss auf die Ursache der Fehler gezogen werden. Bei der Überlastung und dem Absturz des Systems wäre eine weitergehende Fragestellung an Teilnehmer C, bspw. wie oft das bereits passiert ist, interessant.

Die Auswirkungen der Datenschutzgrundverordnung (Frage Nr. 14) haben vier Teilnehmer beantwortet. Die Hälfte der Teilnehmer musste keine Änderungen vornehmen, die Anpassung der Allgemeinen Geschäftsbedingen wurde von der anderen Hälfte der Teilnehmer vorgenommen. Zusätzlich wurde während der App-Installation eine Einverständniserklärung abgefragt (Antwort Andere*).

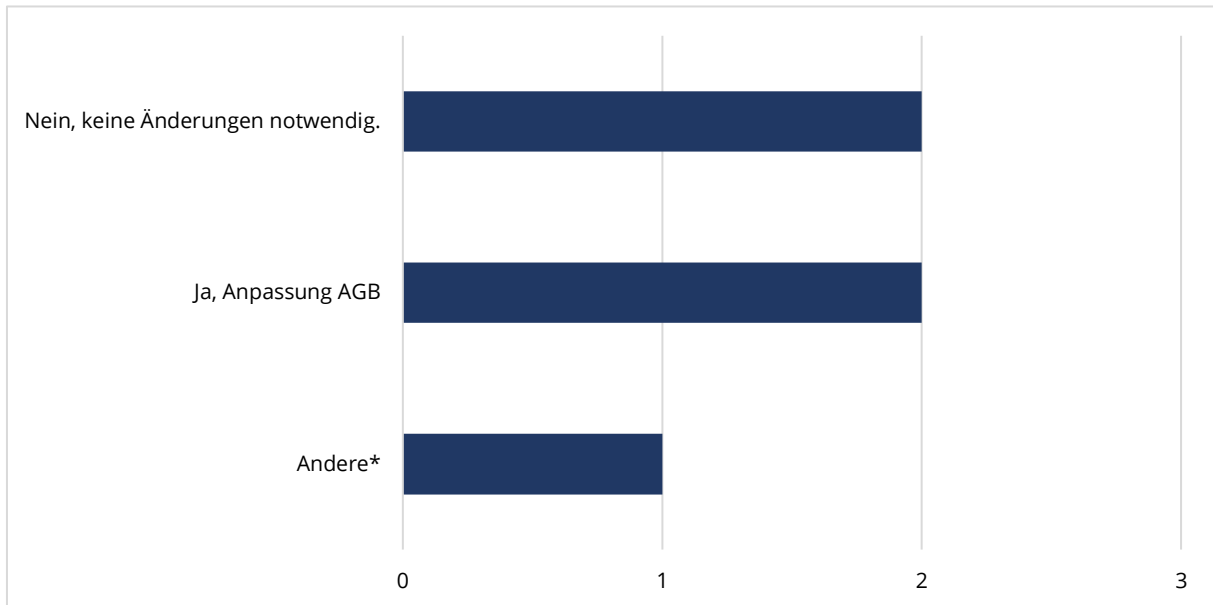


Abbildung 22 Fragestellung: Mussten Sie durch die neue Datenschutzgrundverordnung Veränderungen oder Anpassungen an Ihren Zählsystemen oder in den Allgemeinen Geschäftsbedingungen bzw. der Hausordnung vornehmen?

4 Diskussion

Diese Arbeit beruht auf der theoretischen Betrachtung, Analyse und Bewertung der Personenzählssysteme auf dem deutschen Markt während des Jahreswechsels 2018 auf 2019. Die praktische Überprüfung und Verifizierung der angegebenen Daten, Messbereiche und Genauigkeiten ist explizit nicht Bestandteil und kann Gegenstand in weiterführenden Untersuchungen oder Bachelorarbeiten sein.

Die manuelle Personenzählung ist die älteste und bewährteste Methode. Die, zur Zählung verwendeten, Techniken wurden um digitale Systeme erweitert und erleichtern somit das Erfassen größerer Datenmengen, eine nachträgliche Digitalisierung von Daten und Messwerten muss nicht mehr erfolgen. Die flexible Positionierung von Zählpersonen und das jederzeit mögliche Einrichten von weiteren Zählpositionen oder Erweitern um zusätzliche Zählpersonen lassen eine zeitnahe Reaktion auf die örtlichen Gegebenheiten zu. Dennoch hat diese Methode einen hohen Koordinierungsbedarf, neben der Positionierung der Zählpersonen muss auch deren Wechsel rechtzeitig erfolgen und eine Kommunikation zu den Zählpersonen und untereinander gewährleistet sein. Ferner ist das Vorfertigen der Listen oder das Anpassen der elektronischen Varianten zeitlich und personell bei der ersten Verwendung sehr aufwendig, kann aber bei sich wiederholenden Veranstaltungen deutlich reduziert werden, wenn bewährte Listen und bereits geschultes Personal eingesetzt werden. Die Vorhaltung von Ersatzbatterien und Ersatzgeräten bzw. die Schaffung von Lademöglichkeiten bei der Nutzung digitaler Systeme muss im Vorfeld des Einsatzes bedacht und entsprechend berücksichtigt werden.

Für die sensorgestützte Zählung stehen viele Techniken zur Verfügung, wobei zu berücksichtigen gilt, dass nicht jede für die Zählung von Personen auf Veranstaltungen entwickelt wurde oder ausgelegt ist. Im Vergleich zu den manuellen Zähltechniken stehen hier die höheren Materialkosten deutlich geringeren Personalkosten gegenüber. Eine pauschale Preisermittlung ist leider dennoch nicht möglich, viele Hersteller und Vertreiber bieten nur eine individuelle Angebotserstellung an, dazu kommen ggf. noch weitere Kosten durch Betreuung, Wartung und Installation, wenn nicht alles in einem Paketpreis angeboten wird. Die korrekte Installation und Kalibrierung dieser Geräte aber auch die richtige Positionierung hat unmittelbaren Einfluss auf die Reliabilität der erfassten Daten. Bei der Seitenmontage von Lichtschranken können parallellaufende, also den Lichtstrahl zeitgleich durchlaufende, Personen leicht als eine Person vom Sensor erfasst werden und somit das Zählergebnis signifikant verfälschen.

Neuere Techniken, wie zum Beispiel der Ultraschallsensor oder aber der Näherungssensor, sind noch nicht bei Großveranstaltungen eingesetzt worden. Über die Grenzen und die Zuverlässigkeit dieser Systeme zur Personenzählung kann daher noch keine Aussage getroffen werden.

Da mobile Endgeräte wie Smartphones oder Tablets heutzutage aus dem Alltag kaum noch wegzudenken sind, ist es naheliegend, sie auf ihre Eignung zur Personenzählung zu überprüfen. Die reine Personenzählung anhand der Sender ist allerdings zu ungenau und nicht zuverlässig, nicht jeder Nutzer aktiviert bzw. benutzt aktiv die entsprechenden Funktionen während seines Aufenthaltes auf der Veranstaltung. Die Zustimmung zur Datenübertragung und -nutzung muss zusätzlich durch jeden einzelnen Endgeräte-Nutzer erfolgen, wobei die erteilte Zustimmung jederzeit auch widerrufen werden kann. Des Weiteren kann durch die DSGVO die Erhebung und Nutzung der Daten, sowohl von einzelnen Personen als auch von Gruppen, nur noch unter bestimmten Aspekten erfolgen und muss entsprechend begründet und dokumentiert werden. Dies ist zwangsläufig mit einem erhöhten Arbeits- und Verwaltungsaufwand verbunden. Die Nutzung der Funkzellenabfrage ist bei der Senderzählung zwar die zuverlässigste Methode, bleibt aber den Strafverfolgungsbehörden vorbehalten.

Die Laufweg- und Datenerfassungen sind wichtige Bestandteile zur Analyse und Auswertung eines Personenstroms während der Veranstaltung. Daher erfolgt die Bewertung der Systeme nicht nur auf die alleinige Eignung zur Personenzählung, sondern, im Hinblick auf das Crowd Management, auch auf die Eignung zur Laufweg- und Datenerfassung. Eine weitere Datenerfassung kann zwar durch die manuellen Systeme erfolgen, bedeutet aber eine erhöhte Belastung für die Zählpersonen und mitunter eine höhere Ungenauigkeit. Für die Laufwegerfassung ist die manuelle Methode nicht geeignet. Ebenso kann der Großteil der sensorgestützten Systeme aufgrund ihres begrenzten bzw. starren Messbereiches nicht zur Laufwegerfassung eingesetzt werden. Die Erhebung weiterer Daten kann nur durch wenige Sensoren erfolgen. Die Sender, zur Zählung nur bedingt einsetzbar, können hingegen sehr gut zur Erfassung der Laufwege eingesetzt werden. Hier gilt es aber, ähnlich wie bei der Verwendung als Zähler, die Maßgaben und Einschränkungen der Datenschutzgrundverordnung zu berücksichtigen. Eine weitere Datenerhebung kann beim Endgeräte-Nutzer durch direkte Abfrage oder Eingabe erfolgen.

Die, für diese Arbeit entwickelte und ausgearbeitete, Umfrage sollte Einblick geben, welche Systeme zur Personenzählung zurzeit auf Veranstaltungen unterschiedlicher Größenordnungen eingesetzt werden. Um die Bearbeitungszeit der Umfrage für den Teilnehmer möglichst gering zu halten, ist eine effiziente Fragestellung notwendig. Die Identifizierung und Formulierung der Fragen aber auch die Auswahl der Teilnehmer anhand ihrer Veranstaltungsortlichkeit oder -größe sind dabei der zeitaufwendigste Aspekt. Aufgrund der geringen Teilnahme an der Umfrage ist eine Aussagefähigkeit über die Präferenz von Systemen auf Veranstaltungen leider nicht gegeben.

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit explizit eine Methode oder ein System für die entsprechende Veranstaltung vorzugeben, vielmehr soll sie eine Entscheidungshilfe darstellen. Die Wahl der Methode zur Personenzählung ist eine Einzelfallentscheidung, die nach Berücksichtigung von Veranstaltungsart und -örtlichkeit, der Anzahl der Besucher, den finanziellen Möglichkeiten und den Erfahrungswerten von vorherigen Veranstaltungen getroffen werden sollte. Der direkte Austausch über die Erfahrungen, die von anderen Veranstaltern und Verantwortlichen mit den Systemen und Methoden gemacht wurden, kann dabei aktiv zur Entscheidungsfindung beitragen.

5 Fazit

Die manuellen Systeme zur Personenzählung finden, aufgrund der Einfachheit, der vergleichsweise geringeren Kosten, der Erweiterbarkeit und der Unabhängigkeit von Strom und weiterer IT immer noch bei Veranstaltungen und Großveranstaltungen Anwendung.

Die reine Personenzählung ist aber nicht mehr der einzige Aspekt, der vor und während der Veranstaltungen eine entscheidende Größe darstellt. Die vergangenen Katastrophen auf Großveranstaltungen⁸² haben gezeigt, dass die Überwachung und Steuerung der Besuchermassen, vor allem aber das rechtzeitige Intervenieren bei erkennbaren Problemen für die Sicherheit der Veranstaltung und aller Besucher und Beteiligten unerlässlich ist.

Herausforderung ist nicht mehr allein die Größe der Veranstaltungen, sondern vor allem die Örtlichkeiten, an denen sie stattfinden. Die Veranstaltungsörtlichkeiten sind nicht immer darauf ausgelegt als solche genutzt zu werden, je ungewöhnlicher die Örtlichkeit, desto attraktiver wirkt sie auf die Besucher und desto größer ist die Herausforderung an den Veranstalter bezüglich der Gewährleistung der Sicherheit aller Beteiligten. Ein pauschales Zählsystem, das an allen Örtlichkeiten und allen Veranstaltungsarten gleich gut und zuverlässig eingesetzt werden kann, gibt es bislang nicht.

Kombinierte Systeme, die neben der Personenzählung auch eine zielgerichtete Kommunikation mit dem Besucher und die angepasste Steuerung von Einsatzkräften in Echtzeit ermöglichen, sind immer mehr auf dem Vormarsch. Die Zusammenfassung mehrerer Funktionen und Aufgaben erleichtert nicht nur die Aufgabenzuordnung und den effizienten Einsatz von Personal und Material, es vereinfacht auch die Auswertung und Analyse, da das Zusammentragen von Daten einzelner Messungen oder Systeme nicht mehr anfällt. Zudem kann die Alarmierung durch selbstgesetzte Schwellenwerte individuell gesteuert werden.⁸³

⁸² Wie zum Beispiel auf der Love Parade, Duisburg 2010

⁸³ SIS.event

Abkürzungsverzeichnis

APP	Application (englischer Sprachraum)
FZA	Funkzellenabfrage
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
MVStättVO	Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung) in der Fassung vom Juni 2005, letzte Änderung 2014
SSL	Secure Socket Layer
URL	Uniform Resource Locater
VStättVO	Verordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Versammlungsstättenverordnung) in der Fassung des jeweilig gültigen Landesrechts
URL	Uniform Resource Locater
Wi-Fi	Marken-Name für den funkbasierten WLAN IEEE 802.11 Kommunikationsstandard
WLAN	Wireless Local Network Area

Begriffserklärungen

App (Kurzform)

Software-Anwendung für Computer, Smartphones oder mobile Endgeräte, die für den Benutzer eine bestimmte Funktion ausführt oder erfüllt.⁸⁴

Bidirektionale Zählung

Beschreibt im Rahmen dieser Arbeit die Möglichkeit eines Systems zeitgleich sowohl ein- als auch austretende Personen in dem Messbereich zu erfassen.

Crowd Management

„Crowd Management ist die systematische Planung und proaktive Umsetzung der räumlichen Organisation von großen Menschen-Ansammlungen auf Basis kontinuierlicher Überwachung und Analyse der Massenbewegungen und Gruppendynamiken mit dem Ziel der Sicherung, des Schutzes und des Erhalts des Wohlbefindens aller Anwesenden und Beteiligten.“⁸⁵

Doppler Effekt

Bewegen sich Sender und Empfänger aufeinander zu, treffen die Wellenzüge in schnellerer Folge beim Empfänger ein, die Frequenz wirkt erhöht. Wird die Entfernung zwischen Sender und Empfänger größer, wirkt die Frequenz verkleinert.⁸⁶

URL

Standard für die Adressierung einer Webseite im Internet, Synonyme: Internetadresse oder Webadresse⁸⁷

⁸⁴ (Vertical Media GmbH, 2019)

⁸⁵ (Runkel & Pohl, 2012)

⁸⁶ (Spektrum Verlag, 2019)

⁸⁷ (Mumme & Partner, 2019)

Wi-Fi

Marken-Name für den funkbasierenden WLAN IEEE 802.11 Kommunikationsstandard. „Die Bezeichnung Wi-Fi ist ursprünglich die von der Wi-Fi Alliance ausgestellte Zertifizierung. Die Wi-Fi Alliance ist [...] mit der Aufrechterhaltung der Interoperabilität zwischen den der Norm 802.11 entsprechenden Geräten beauftragt [...]“⁸⁸

⁸⁸ (Communitic International S.A.R.L. (GmbH), 2019)

Literaturverzeichnis

AB Automatic GmbH & Co KG, 2019. *AB Automatic Türautomation*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.ab-automatic.de/magnetic-autocontrol>
[Zugriff am 01. 02. 2019].

Baumann, D., 2019. *Analyse, Tracking, Erfolgsmessung: Mehr als nur Besucherzählung*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.event-partner.de/eventtechnik/analyse-tracking-erfolgsmessung-mehr-als-nur-besucherzaehlung/>
[Zugriff am 19. 01. 2019].

Baumer GmbH, 2019. *Baumer Passion for Sensors*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.baumer.com/de/de/service-support/know-how/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-lichtschranken-und-lichttastern/a/know-how-function-lichtschranken-lichttaster>
[Zugriff am 01. 02. 2019].

BEA, 2019. *BEA Sensor Laser*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.bea-sensors.com/de/produkt/lzr-sigma/#detection-field>
[Zugriff am 10. 01. 2019].

BEA, 2019. *BEA Technologien*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.bea-sensors.com/de/technologien/>
[Zugriff am 11. 01. 2019].

Buermeyer, U. & Meister, A., 2018. *Funkzellenabfrage: Die alltägliche Rasterfahndung unserer Handydaten. Wie wir alle regelmäßig den Behörden ins Netz gehen und wie man immerhin mehr Transparenz schaffen kann*. Hamburg: Chaos Computer Club e.V..

ClipVISION Michael Wicander Web Video & Image Productions, 2019. *Cameraflights Luftaufnahmen*. [Online]
Verfügbar unter: www.cameraflights.com
[Zugriff am 28. 01. 2019].

Communitic International S.A.R.L. (GmbH), 2019. *de.ccm.net Einführung in Wi-Fi (802.11)*. [Online]
Verfügbar unter: <https://de.ccm.net/contents/104-einfuehrung-in-wi-fi-802-11>
[Zugriff am 15. 01. 2019].

Communitic International S.A.R.L. (GmbH), 2019. *de.ccm.net Funktionsweise von Bluetooth*. [Online]

Verfügbar unter: <https://de.ccm.net/contents/605-funktionsweise-von-bluetooth>
[Zugriff am 22. 01. 2019].

Diogenes, M. C., Greene-Roesel, R., Arnold, L. S. & Ragland, D. R., 2007. Pedestrian Counting Methods at Intersections - A Comparative Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2002*, pp. 26-30.

Dipl.Ing.Preiser MRT oHG, 2019. *Preiser Professionelle Kundenzählung*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.personenzaehler.de/>
[Zugriff am 11. 01. 2019].

Eco-Counter GmbH Deutschland, 2017. *EcoCounter*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.eco-compteur.com/de/>
[Zugriff am 15. 01. 2019].

Eco-Counter GmbH Deutschland, 2017. *EcoCounter CITIX IR*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.eco-compteur.com/de/produkte/citix-ir>
[Zugriff am 01. 02. 2019].

enuvo GmbH, 2019. *Umfrage Online*. [Online]

Verfügbar unter: www.umfrageonline.com
[Zugriff am 28. 01. 2019].

Europäisches Institut für TagungsWirtschaft GmbH (EITW), 2018. *Meeting- & EventBarometer Deutschland 2017/18 - Die Deutschland-Studie des Kongress- und Veranstaltungsmarktes*, Frankfurt am Main - Wernigerode: EITW.

EvoCount UG (haftungsbeschränkt), 2018. *EvoCount*. [Online]

Verfügbar unter: <https://evocount.de/hardware/>
[Zugriff am 10. 01. 2019].

GCB German Convention Bureau e. V., 2019. *GCB Meetings made in Germany*. [Online]

Verfügbar unter: www.gcb.de/de.html
[Zugriff am 28. 01. 2019].

GCB German Convention Bureau, 2017. *Anzahl der Veranstaltungen und Teilnehmern auf dem Veranstaltungsmarkt in Deutschland von 2006 bis 2017 (in Millionen)*. [Online]

Verfügbar unter:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/233136/umfrage/veranstaltungen-und-teilnehmer-auf-dem-veranstaltungsmarkt-in-deutschland/>

[Zugriff am 29. 01. 2019].

Gilch, P., 2019. *RFID-Schutz.org*. [Online]

Verfügbar unter: <https://rfid-schutz.org/rfid-nfc/>

[Zugriff am 02. 02. 2019].

Hessisches Ministeriums des Innern und für Sport, 2013. *Leitfaden "Sicherheit bei Großveranstaltungen"*, Wiesbaden: s.n.

IfD Allensbach, 2018. *Beliebteste Arten von Events und Veranstaltungen in Deutschland in den Jahren 2016 bis 2018*. [Online]

Verfügbar unter:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170865/umfrage/beliebteste-arten-von-veranstaltungen>

[Zugriff am 29. 01. 2019].

Klausmann, P., Wetzel, C. & Anderer, B., 2009. *Personenzählung für kundenorientiertes Shop-Controlling*. 1. Auflage Hrsg. Lohmar-Köln: Josef EUL Verlag.

Konsortium des BMBF-Verbundprojektes, 2015. *BaSiGo - Bausteine für die Sicherheit von Großveranstaltungen*. [Online]

Verfügbar unter: <http://www.basigo.de/handbuch/Hauptseite>

[Zugriff am 02. 01. 2019].

Lauterbach, C., Steinhage, A. & Burth, E., 2019. *Future-Shape*. [Online]

Verfügbar unter: <https://future-shape.com/>

[Zugriff am 29. 01. 2019].

Lichtblick Kommunikation, 2019. *Informationszentrum-Mobilfunk.de*. [Online]

Verfügbar unter: <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/funkzellen-netze>

[Zugriff am 02. 02. 2019].

MagicMaps - eine Marke der Maschinenteknik Schrode AG, 2019. *magicmaps Digitale Karten, GPS & Outdoor-Navigation*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.magicmaps.de/produktinfo/gps-grundlagen/wie-funktioniert-gps.html>
[Zugriff am 02. 02. 2019].

Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013. *Bericht der Projektgruppe "Sicherheit bei Großveranstaltung im Freien"*, Düsseldorf: Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen.

Ministerium für Inneres und Kommunales NRW, 2012. *Orientierungsrahmen des Ministeriums für Inneres und Kommunales NRW für die kommunale Planung, Genehmigung, Durchführung und Nachbereitung von Großveranstaltungen im Freien*, Düsseldorf: s.n.

Mumme & Partner, 2019. *Online-Marketing und erfolgreicher Online Vertrieb*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.omkt.de/url>
[Zugriff am 19. 01. 2019].

NFC21 GmbH, 2019. *NFC-TAG-SHOP*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.nfc-tag-shop.de/info/nfc-anwendungsfaelle/nfc-alltagsanwendungen.html>
[Zugriff am 05. 01. 2019].

Onlinedienst Richard Boorberg Verlag GmbH & Co KG, 2010. *Sicherheitsmelder.de Behördliche Auflagen bei Veranstaltungen*. [Online]
Verfügbar unter:
<http://www.sicherheitsmelder.de/xhtml/articleview.jsf;jsessionid=670FA0EC190022A1C100C66991215E3F.BoorbergSolrAppLive?id=0EC180C8C895.htm>
[Zugriff am 28. 01. 2019].

PEARL.GmbH, 2019. *Pearl Online-Shop*. [Online]
Verfügbar unter: <https://www.pearl.de/a-PE5653-4029.shtml>
[Zugriff am 28. 01. 2019].

Qounts e.U., 2017. *zaehlwert*. [Online]
Verfügbar unter: www.zaehlwert.com/mcounting
[Zugriff am 15. 01. 2019].

Ruesch, M., Widmer, P. & Axhausen, K., 2018. *Merkblatt 2018/01 Anforderungen an zukünftige Mobilitätshebungen*, St. Gallen: SVI Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.

Runkel, S. & Pohl, J., 2012. Crowd management als Planungsaufgabe: eine sozial-geographische Perspektive auf Masse und Raum bei Großveranstaltungen. *Geographische Zeitschrift*, 100(Heft 4), pp. 189-207.

sfg luftbildservice, 2019. *sfg- Luftbildservice*. [Online]

Verfügbar unter: www.sfg-luftbildservice.de

[Zugriff am 22. 01. 2019].

Spektrum Verlag, 2019. *Spektrum.de Lexikon der Physik Doppler-Effekt*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/doppler-effekt/3275>

[Zugriff am 26. 01. 2019].

Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2017. *Anzahl der Musikfestivals und -festspiele in Deutschland im Jahr 2015 nach Veranstaltungsorten*. [Online]

Verfügbar unter:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/747639/umfrage/musikfestivals-und-festspiele-in-deutschland-veranstaltungsort/>

[Zugriff am 30. 01. 2019].

Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2017. *Verteilung der Musikfestivals und -festspiele in Deutschland im Jahr 2015 nach Besuchergrößenklassen*. [Online]

Verfügbar unter:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/747460/umfrage/musikfestivals-und-festspiele-in-deutschland-besucher/>

[Zugriff am 28. 01. 2019].

Steinel Vertrieb GmbH, 2019. *STEINEL Professional*. [Online]

Verfügbar unter: [https://www.steinel-](https://www.steinel-professional.de/de/sensoren/presenzmelder/us-360-com1.html)

[professional.de/de/sensoren/presenzmelder/us-360-com1.html](https://www.steinel-professional.de/de/sensoren/presenzmelder/us-360-com1.html)

[Zugriff am 02. 02. 2019].

Ströer Digital Publishing GmbH, 2015. *T-Online*. [Online]

Verfügbar unter: [https://www.t-](https://www.t-online.de/digital/hardware/id_76253696/bluetooth-die-funktionsweise-kurz-erklaert.html)

[online.de/digital/hardware/id_76253696/bluetooth-die-funktionsweise-kurz-erklaert.html](https://www.t-online.de/digital/hardware/id_76253696/bluetooth-die-funktionsweise-kurz-erklaert.html)

[Zugriff am 14. 01. 2019].

SystemKom GmbH, 2019. *SystemCard*. [Online]

Verfügbar unter: www.systemcard.com/de/114338-Power-Box

[Zugriff am 15. 01. 2019].

Tally Counter Store, 2019. *Tally Counter Store*. [Online]

Verfügbar unter: <https://tallycounterstore.com/ast2-electronic-counter-add-subtract-w-backlight/>

[Zugriff am 10. 01. 2019].

tectuality GmbH, 2019. *sensalytics*. [Online]

Verfügbar unter: <https://sensalytics.net/de>

[Zugriff am 27. 01. 2019].

Vertical Media GmbH, 2019. *Gruenderszene.de*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.gruenderszene.de/lexikon/begriffe/app>

[Zugriff am 22. 01. 2019].

VS Electronics Vertriebs GmbH, 2019. *VS Electronics*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.vs-electronic.com/haus-garten-werkstatt/werkstatt/messtechnik/digitaler-klickzaehler-5-stellig/a-141334/>

[Zugriff am 01. 02. 2019].

Vzapp GbR, 2018. *Vzapp*. [Online]

Verfügbar unter: <http://www.vzapp.de/>

[Zugriff am 15. 01. 2019].

Widmer, P. et al., 2016. *Forschungsprojekt SVI 2011/015 Anforderungen an zukünftige Mobilitätserhebungen*, St. Gallen: s.n.

Widmer, P. et al., 2016. *Anforderungen an zukünftige Mobilitätserhebung*, Zürich: Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.

WWM GmbH & Co. KG, 2019. *WWM Live Communication On Demand*. [Online]

Verfügbar unter: <https://www.wwm.de/funktionen/auswerten-und-optimieren/mywwm-event-metrics.html>

[Zugriff am 15. 01. 2019].

Zweibrücken, K. et al., 2005. *SVI-Forschung 2001/503 Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs, Schlussbericht September 2005*, St. Gallen: s.n.

Eidesstattliche Erklärung

Analyse und Bewertung von Methoden zur Personenzählung auf Großveranstaltungen

Eidesstattliche Erklärung Studentin

verfasst von: Alexandra Homann

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem oben angegebenen Thema ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

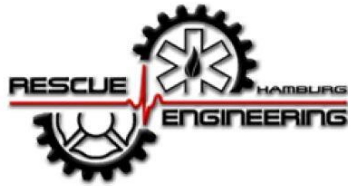
Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Datum: 07. Februar 2019

Unterschrift: _____
Alexandra Homann

Anhang

Umfrage zur Personenzählung auf Großveranstaltungen



Personenzählung auf Großveranstaltungen

Begrüßung

Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank, dass Sie mich mit Beantwortung dieser kurzen Umfrage bei meiner Bachelorarbeit im Studiengang Rettungsingenieurwesen an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg unterstützen.

Die Auswertung dieser Umfrage ist nur für meine Bachelorarbeit bestimmt, eine Weitergabe der gesammelten Daten wird nicht stattfinden.

Nachfolgend werde ich Ihnen Fragen zu Ihrer Veranstaltung, der verwendeten Technik, Ihren Erfahrungen und zur Datenschutzgrundverordnung stellen.

Alexandra Homann

Allgemeine Fragen zur Veranstaltung

Wie lautet der Name der Veranstaltung?

Keine Angabe

Name(n) der Veranstaltung(en)

Wie viele Besucher haben Sie pro Tag der Veranstaltung?

- keine Angabe
- weniger als 5.000
- zwischen 5.000 und 10.000
- zwischen 10.000 und 20.000
- zwischen 20.000 und 30.000
- über 30.000
-

Wie viele Besucher hat Ihre Veranstaltung insgesamt?

- Keine Angabe
- bis zu 10.000
- 10.000 bis zu 20.000
- 20.000 bis zu 50.000
- 50.000 bis zu 75.000
- über 75.000
-

Welche der nachfolgenden Eigenschaften beschreibt Ihr Veranstaltungsgelände am besten?

- Keine Angabe
- Freifläche, keine (festen) Gebäude (Agrarfläche o.ä.)
- Freifläche mit (genutzten) Gebäuden
- begrenzte Fläche mit umliegenden Gebäuden (Park o.ä.)
- festes Gebäude (Stadion o.ä.)
- Halle (Hangar o.ä.)
- andere

Seit wie viel Jahren gibt es diese Veranstaltung?

- Keine Angabe
- seit einem Jahr
- 1-4 Jahre
- 5-10 Jahre
- 11-14 Jahre
- über 15 Jahre

Fragen zur Technik**Wo werden auf Ihrem Veranstaltungsgelände Systeme zur Personenzählung eingesetzt?**

Mehrfachnennungen sind möglich.

- Keine Angabe
- Eingangsbereiche, Kartenkontrolle
- Übergang zwischen Camping- und Veranstaltungsbereich
- Übergang zwischen Parkplatz und Veranstaltungsbereich
- Gebäudeeingang/-eingänge
- Campingbereich
- Parkplatzbereich
-

Welche Zählsysteme verwenden Sie bei Ihrer Veranstaltung/Ihren Veranstaltungen? *

Mehrfachnennungen sind möglich.

- Handzählung
- Ticketzählung
- 2D-Kamerabasierte Zählung (Echtzeit)
- 3D-Kamerabasierte Zählung (Echtzeit)
- Laserschrankenzählung
- Lichtschrankenzählung
- Personenzählmatte
- Videobasierte Zählung (nach Veranstaltungsende)
-

Wie viele Personen sind je Veranstaltungstag in der Personenzählung eingesetzt?

- Keine Angabe
- 1 - 4 Personen
- 5 - 10 Personen
- 11 - 15 Personen
- 16 - 20 Personen
- über 20 Personen
-

Wie wird die Technik zur Personenzählung zur Verfügung gestellt?

- Keine Angabe
- Miete/Leasing
- Kauf
- Andere

Wie hoch sind die gesamten Kosten für die Personenzählung für Ihre gesamte Veranstaltungsdauer?

Ungefähre Angabe, Schätzwert

	Betrag in Euro
Personalkosten	<input type="text"/>
Mietkosten Technik	<input type="text"/>
Anschaffungskosten Technik	<input type="text"/>
Betriebskosten Technik	<input type="text"/>
weitere Kosten	<input type="text"/>

Erfahrungswerte**Ist das von Ihnen aktuell verwendete System zur Personenzählung schon mal ausgefallen oder überlastet gewesen? Haben Sie deutliche Differenzen zwischen verkauften Tickets und gezählten Besuchern festgestellt?**

Mehrfachnennungen sind möglich.

- Ausfall
- Systemabsturz (Unterbrechung der Zählung)
- Überlastung
- Differenz: deutlich mehr Besucher als verkaufte Tickets
- Differenz: deutlich weniger Besucher als verkaufte Tickets
- Kein Ausfall o.ä.

Ist die Neuanschaffung bzw. der Wechsel auf ein anderes Zählsystem für folgende Veranstaltungen geplant?

- ja
- nein

Datenschutzgrundverordnung

Welche Daten erfassen Sie zusätzlich zur Personenanzahl?

- keine weitere Datenerfassung
- Größe
- Geschlecht
- Laufwege
- Aufenthaltsdauer
- Attraktivität einzelner Künstler
-

Mussten Sie durch die neue Datenschutzgrundverordnung Veränderungen oder Anpassungen an Ihren Zählsystemen oder in den Allgemeinen Geschäftsbedingungen bzw. der Hausordnung vornehmen?

Mehrfachnennungen sind möglich.

- Nein, keine Änderungen notwendig.
- Ja, Anpassung Zählsystem.
- Ja, Anpassung AGB.
- Ja, Anpassung Hausordnung.
- weitere Anpassungen:

Ende der Umfrage

Sie haben das Ende der Umfrage erreicht. Möchten Sie mir noch etwas mitteilen?

Ergebnis der Umfrage zur Personenzählung auf Großveranstaltungen

Auswertung: 10 Teilnehmer, 4 vollständig abgeschlossene Umfragen

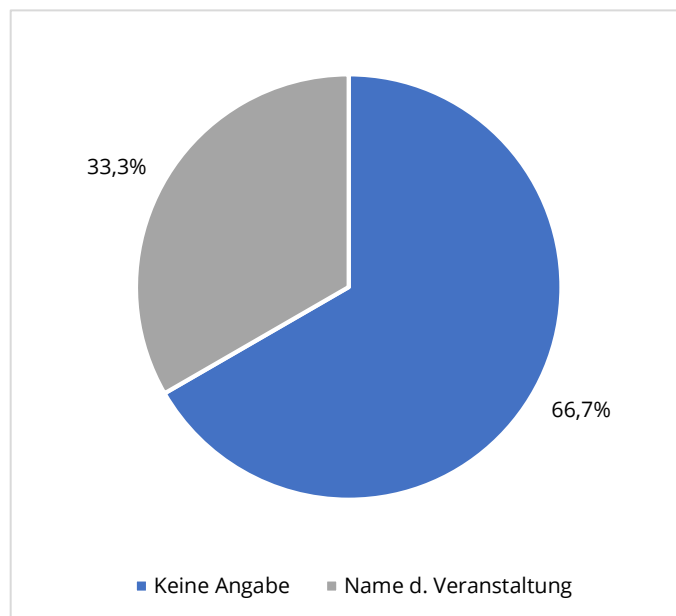
1. Wie lautet der Name der Veranstaltung?

Anzahl Teilnehmer: 9

Keine Angabe: 6 (66,7 %)

Andere: 3 (33,3 %) *

*Die Namen werden für die Auswertung nicht genannt.



2. Wie viele Besucher haben Sie pro Tag der Veranstaltung?

Anzahl Teilnehmer: 9

Keine Angabe: 1 (11,1 %)

weniger als 5.000: 0

zwischen 5.000 und 10.000: 2 (22,2 %)

zwischen 10.000 und 20.000: 1 (11,1 %)

zwischen 20.000 und 30.000: 0

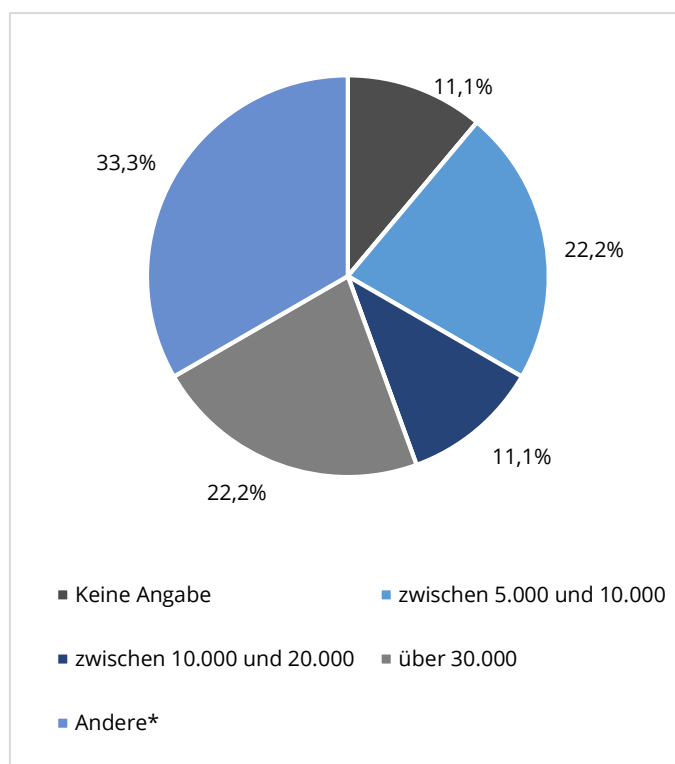
über 30.000: 2 (22,2 %)

Andere: 3 (33,3 %)

*zwischen 350.000 und 500.000

*über 50.000

*100.000



3. Wie viele Besucher hat Ihre Veranstaltung insgesamt?

Anzahl Teilnehmer: 9

Keine Angabe: 2 (22,2 %)

bis zu 10.000: 2 (22,2 %)

10.000 bis zu 20.000: 0

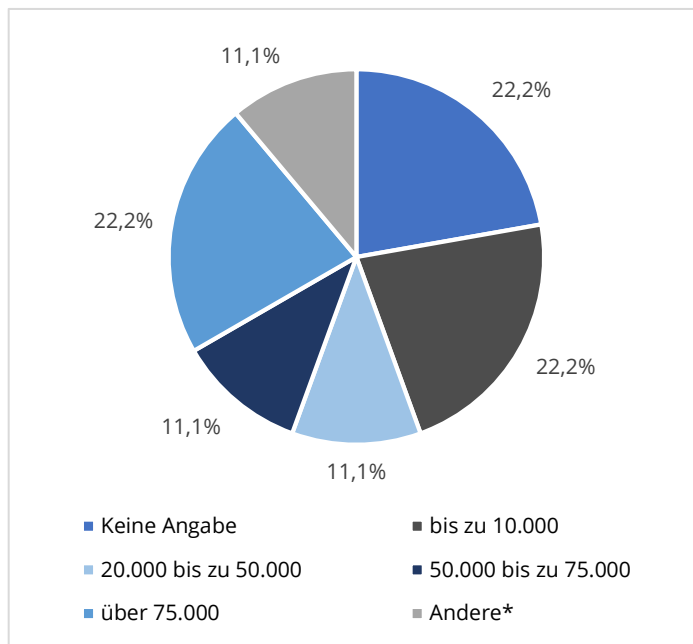
20.000 bis zu 50.000: 1 (11,1 %)

50.000 bis zu 75.000: 1 (11,1 %)

über 75.000: 2 (22,2 %)

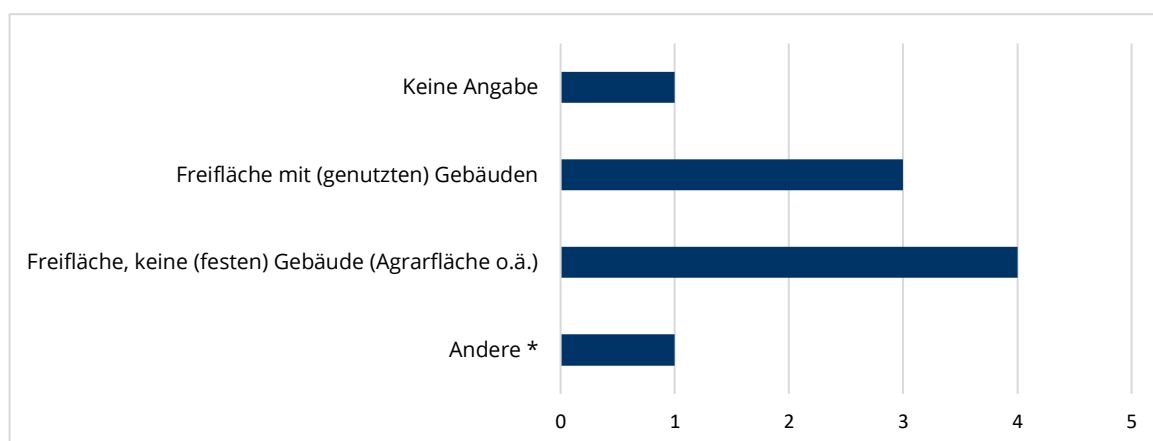
Andere: 1 (11,1 %)

*zwischen 350.000 und 500.000



4. Welche der nachfolgenden Eigenschaften beschreibt Ihr Veranstaltungsgelände am besten?

Anzahl Teilnehmer: 9



Keine Angabe: 1

Freifläche, keine (festen) Gebäude
(Agrarfläche o. ä.): 4

Freifläche mit (genutzten) Gebäuden: 3

begrenzte Fläche mit umliegenden
Gebäuden (Park o. ä.): 0

festes Gebäude (Stadion o.ä.): 0

Halle (Hangar o. ä.): 0

Andere: 1

*sich bewegende Veranstaltungsfläche

5. Seit wie vielen Jahren gibt es diese Veranstaltung?

Anzahl Teilnehmer: 9

Keine Angabe: 1 (11,1 %)

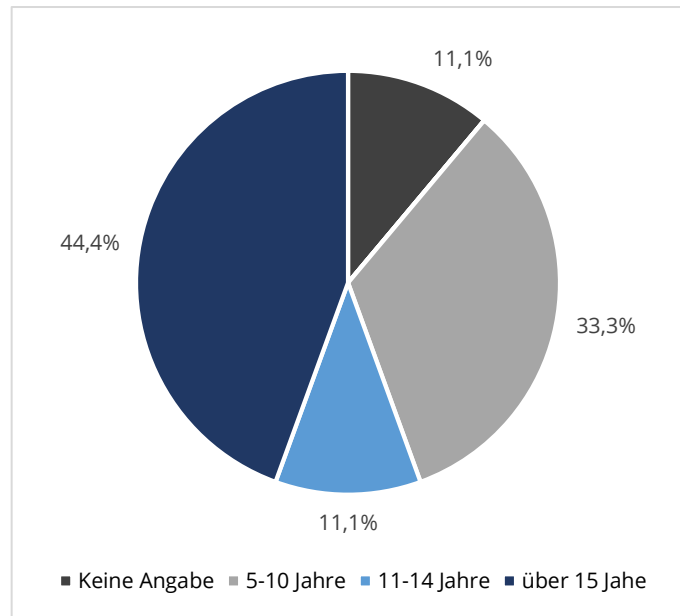
seit einem Jahr: 0

1-4 Jahre: 0

5-10 Jahre: 3 (33,3 %)

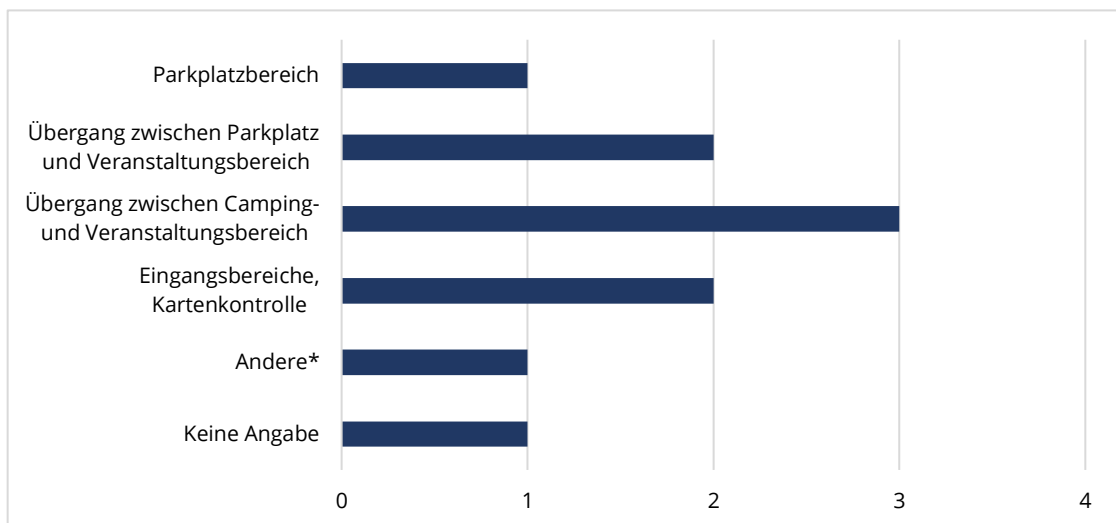
11-14 Jahre: 1 (11,1 %)

über 15 Jahre: 4 (44,4 %)



6. Wo werden auf Ihrem Veranstaltungsgelände Systeme zur Personenzählung eingesetzt?

Anzahl Teilnehmer: 6



Parkplatzbereich: 1

Eingangsbereiche, Kartenkontrolle: 2

Übergang zwischen Camping- und

Veranstaltungsbereich: 3

Campingbereich: 0

Gebäudeeingang/-eingänge: 0

Übergang zwischen Parkplatz und
Veranstaltungsbereich: 2

Andere: 1

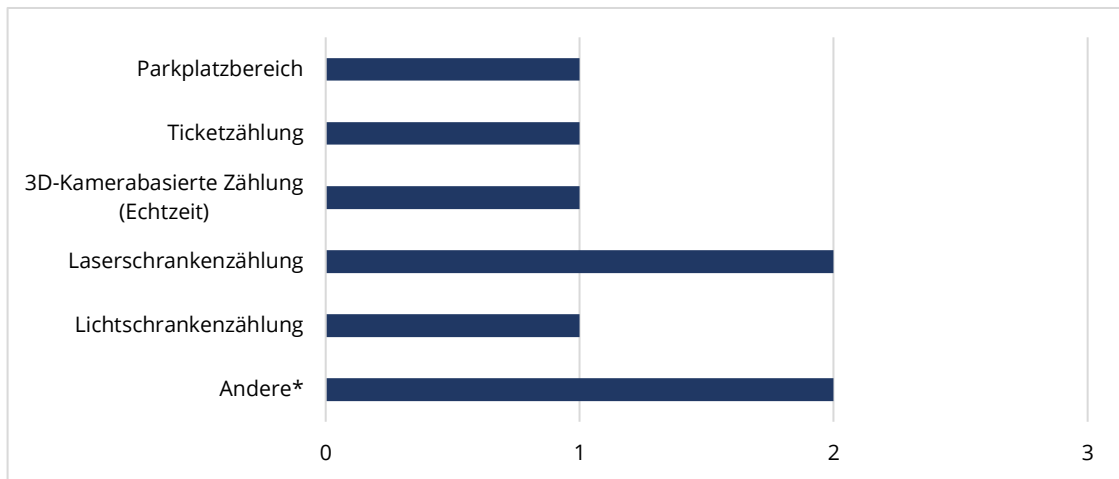
*durch Polizei a. d. Streckenführung

*im Einlass der Aftermove-Party

Keine Angabe: 1

7. Welche Zählsysteme verwenden Sie bei Ihrer Veranstaltung/Ihren Veranstaltungen?

Anzahl Teilnehmer: 6



Handzählung: 1 Ticketzählung: 1

Ticketzählung: 1

Laserschranken-zählung: 2

2D-Kamerabasierte Zählung (Echtzeit): 0

3D-Kamerabasierte Zählung (Echtzeit): 1

Lichtschranken-zählung: 1

Videobasierte Zählung
(nach Veranstaltungsende): 0

Andere: 2

*Ticketzählung Aftermove

*Personenerfassungsfeature in
Veranstaltungs-App (nach Freigabe bei
der Installation)

Personenzählmatte: 0

8. Wie viele Personen sind je Veranstaltungstag in der Personenzählung eingesetzt?

Anzahl Teilnehmer: 6

Keine Angabe: 1 (16,7 %)

0-4 Personen: 0

5-10 Personen: 2 (33,3 %)

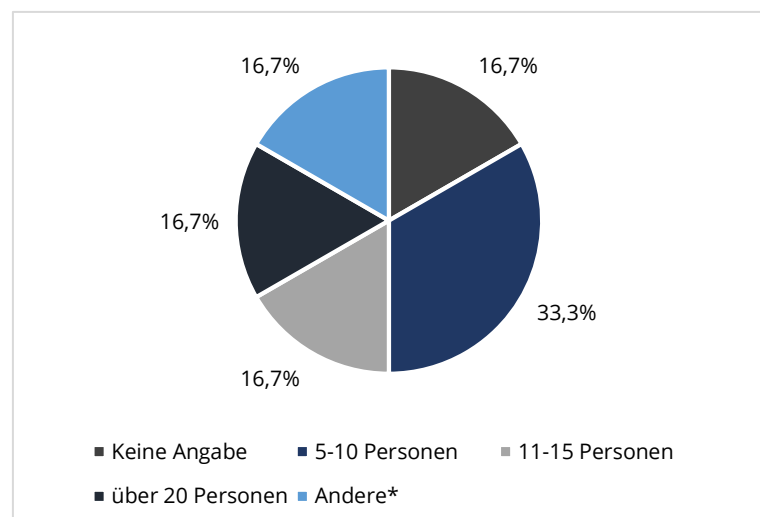
11-15 Personen: 1 (16,7 %)

16-20 Personen: 0

über 20 Personen: 1 (16,7 %)

Andere: 1 (16,7 %)

*bis zu 600 Personen



9. Wie wird die Technik zur Personenzählung zur Verfügung gestellt?

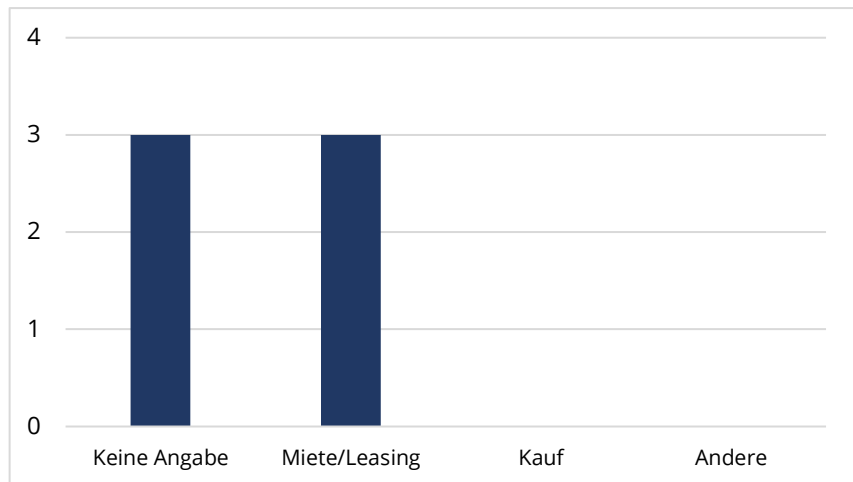
Anzahl Teilnehmer: 6

Keine Angabe: 3

Miete/Leasing: 3

Kauf: 0

Andere: 0



10. Wie hoch sind die gesamten Kosten für die Personenzählung für Ihre gesamte Veranstaltungsdauer?

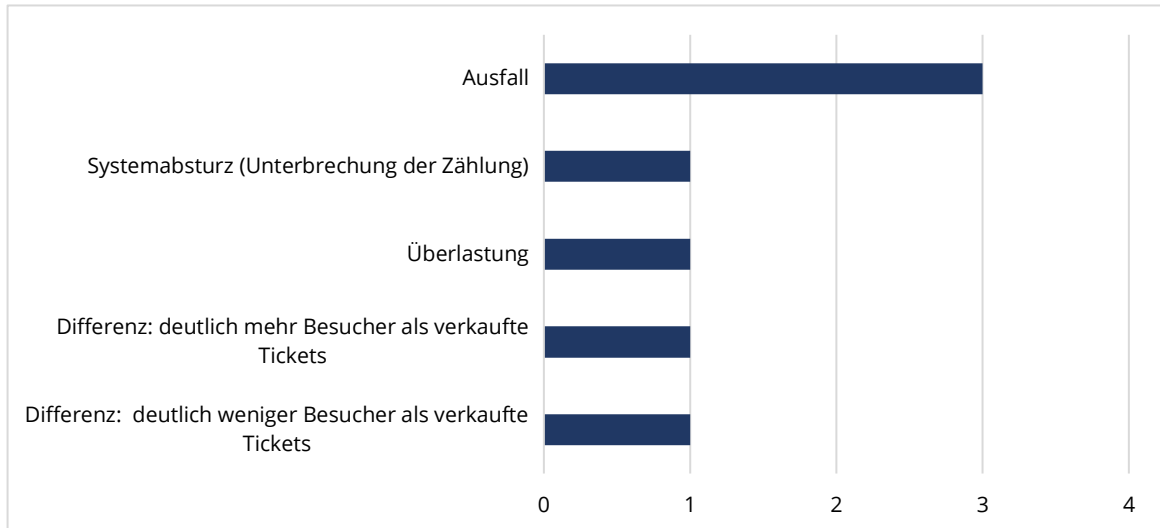
Anzahl Teilnehmer: 3

	Betrag in Euro
Personalkosten	Keine Angabe
	8000
Mietkosten Technik	Keine Angabe
	10000
	25000
Anschaffungskosten Technik	Keine Angabe
	0
Betriebskosten Technik	Keine Angabe
	200
Weitere Kosten	Keine Angabe
	1000

Aufgrund der besonderen Struktur dieser Frage und der geringen Teilnehmerzahl erfolgt kein Übertrag in ein Diagramm.

11. Ist das von Ihnen aktuell verwendete System zur Personenzählung schon mal ausgefallen oder überlastet gewesen? Haben Sie deutliche Differenzen zwischen verkauften Tickets und gezählten Besuchern festgestellt?

Anzahl Teilnehmer: 3



Ausfall: 3

Systemabsturz (Unterbrechung der Zählung): 1

Überlastung: 1

Differenz: deutlich mehr Besucher als verkaufte Tickets: 1

Differenz: deutlich weniger Besucher als verkaufte Tickets: 1

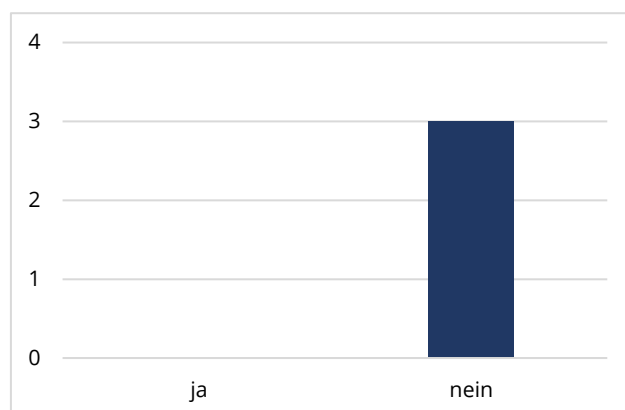
Kein Ausfall o. ä.: 0

12. Ist die Neuanschaffung bzw. der Wechsel auf ein anderes Zählsystem für folgende Veranstaltungen geplant?

Anzahl Teilnehmer: 3

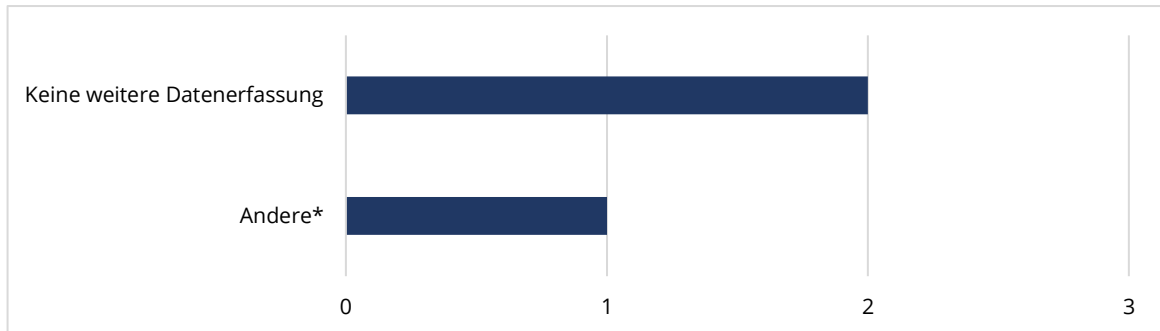
Ja: 0

Nein: 3



13. Welche Daten erfassen Sie zusätzlich zur Personenanzahl?

Anzahl Teilnehmer: 3



Keine weitere Datenerfassung: 2

Aufenthaltsdauer: 0

Geschlecht: 0

Laufwege: 0

Attraktivität einzelner Künstler: 0

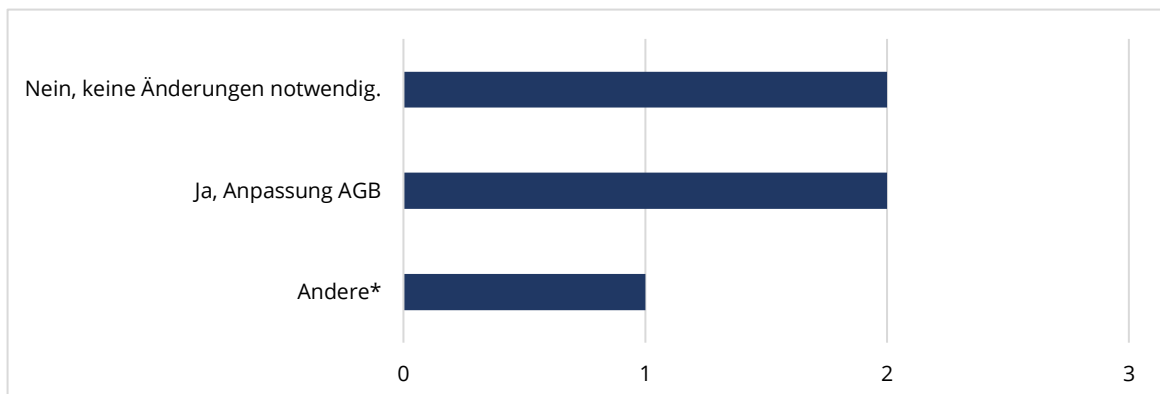
Andere: 1

Größe: 0

*keine

14. Mussten Sie durch die neue Datenschutzgrundverordnung Veränderungen oder Anpassungen an Ihren Zählsystemen oder in den Allgemeinen Geschäftsbedingungen bzw. der Hausordnung vornehmen?

Anzahl Teilnehmer: 4



Nein, keine Änderung notwendig: 2

Ja, Anpassung Hausordnung: 0

Ja, Anpassung Zählsystem: 0

Andere: 1

Ja, Anpassung AGB: 2

*Einverständniserklärung während der Installation der App

15. Sie haben das Ende der Umfrage erreicht. Möchten Sie mir noch etwas mitteilen?

Anzahl Teilnehmer: 1

„Leider können wir nicht alle Fragen beantworten da es sich beim [Name*] in der Hauptsache um einen Move/Konvoi bestehend aus bis zu 46 Musik-Truck handelt.

*Der Name wird für die Auswertung nicht genannt.