

SMART-REGION BONN/RHEIN-SIEG

Chancen für die Wirtschaft und
Perspektiven für die Bevölkerung



Eine Studie im Auftrag der Industrie- und Handelskammer Bonn/Rhein-Sieg

Erstellt durch:

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
Grantham-Allee 20
53757 Sankt Augustin, Deutschland

Verantwortliche Personen/Institutionen:

Prof. Dr. Michael Rademacher
Professor für Informatik, insb. Embedded Systems und Netze
Institut für Sicherheitsforschung (ISF)
michael.rademacher@h-brs.de
+49 2241 865 151

Prof. Dr. Martin Hamer
Professor für Böden und Biomasse
Internationales Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE)
martin.hamer@h-brs.de
+49 2241 865 8774

Prof. Dr. Wiltrud Terlau
Professorin für Volkswirtschaftslehre, Resiliente und Nachhaltige Entwicklung
Internationales Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE)
wiltrud.terlau@h-brs.de
+49 2241 865 410

Prof. Dr. Stefanie Meilinger
Professorin für Nachhaltige Technologien, insb. Energieeffizienz und Erneuerbare Energien
Internationales Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE)
stefanie.meilinger@h-brs.de
+49 2241 865 718

Unterstützt durch die folgenden wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

- Kai Glasenapp – Wissenschaftlicher Mitarbeiter im ISF
- Silvia Berenice Fischer – Wissenschaftliche Mitarbeiterin am IZNE

Mit Beiträgen von den folgenden Personen:

- Roman Friedrich, Selbstständiger Senior Advisor im Bereich Breitbandausbau
- Gerald Fichtner, Geschäftsführer IHK-Bildungszentrum Bonn/Rhein-Sieg gGmbH
- Fabian Wagner, Leiter Stabsstelle Digitalisierung, Stadt Troisdorf

INHALT

Vorwort	05
Bedeutung für Wirtschaft und Bevölkerung	06
Indizes zum Vergleich der Ausbaustufe	06
Kernbereiche	08
Gesellschaft und Bildung	09
Teil einer Gesamtstrategie für die Smart-Region Bonn/Rhein-Sieg	10
Bonn	10
Troisdorf	10
Siegburg	11
Hennef	11
Lohmar	12
Digitalisierungskonzept für Schulen	12
Digitalkompetenz	13
Digitale Szene	14
Lokaler Handel und Start-up-Hubs	14
FabLabs und Coworking	15
Handlungsempfehlungen	15
Energie und Umwelt	16
Energie	16
Die Region Bonn/Rhein-Sieg	17
Handlungsempfehlungen	20
Umwelt	21
Die Region Bonn/Rhein-Sieg	21
Handlungsempfehlungen	23
IT und Kommunikation	24
Breitbandkommunikation mit 5G und Glasfaser	24
Die Region Bonn/Rhein-Sieg	25
Handlungsempfehlungen	26
Datenarchitektur und LPWAN	27
Die Region Bonn/Rhein-Sieg	28
Handlungsempfehlungen	28
Interaktive Daten und Anwendungen	29
Die Region Bonn/Rhein-Sieg	29
Handlungsempfehlungen	31
Smart-Region als ganzheitliche Herausforderung	32
Literaturverzeichnis	34
Impressum	36



VORWORT

Die Region Bonn/Rhein-Sieg steht vor einem bedeutenden Wandel. Digitalisierung und innovative Technologien prägen zunehmend unseren Alltag und eröffnen neue Perspektiven für Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft.

Im Mittelpunkt steht die Frage, wie digitale Lösungen Lebensqualität, Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit in der Region Bonn/Rhein-Sieg stärken können. Dabei nutzt die vorliegende Studie insbesondere die Kategorien des aktuellen Smart City Index des Bitkom e. V. als Ausgangspunkt. Bei diesem Index stagnierte die Bundesstadt in den letzten Jahren, während andere Städte aufholten. Die vorliegende Studie erweitert nun die Diskussion entlang dieser Kategorien auf die gesamte Region.

Die Studie fokussiert sich dabei insbesondere auf die Kernbereiche Energie und Umwelt, Gesellschaft und Bildung sowie IT und Kommunikation. Dabei werden regionale Unterschiede, Best-Practice-Beispiele und aktuelle Herausforderungen herausgestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Bonn und der Rhein-Sieg-Kreis bereits wichtige Schritte unternommen haben, aber noch ungenutztes Potenzial besteht. Eine zukunftsfähige Smart-Region braucht Zusammenarbeit zwischen Kommunen, Unternehmen, Forschung und Zivilgesellschaft. Nur wenn alle Akteure gemeinsam handeln, entstehen nachhaltige Innovationen und insbesondere auch neue Geschäftsmodelle für die lokale Wirtschaft.



Industrie- und Handelskammer
Bonn/Rhein-Sieg



Hochschule
Bonn-Rhein-Sieg
University of Applied Sciences

BEDEUTUNG FÜR WIRTSCHAFT UND BEVÖLKERUNG

Die Geschwindigkeit, mit der sich unsere Gesellschaft derzeit verändert, ist immens. Hervorgerufen wird dies insbesondere durch die zunehmende und umfassende Digitalisierung. Spürbar ist dies für die Bevölkerung vor allem im privaten und beruflichen Kontext. Tagsüber seine Aufgaben mit KI-Systemen zu erledigen und abends mit der eigenen VR-Brille Filme zu schauen, ist keine Science-Fiction, sondern zunehmende Realität. Dieses Ausmaß der Digitalisierung findet sich jedoch noch nicht in unseren Städten, Gemeinden und Regionen wieder. Die Kluft zwischen der Digitalisierung im privaten und beruflichen Kontext und der im öffentlichen Leben wird größer.

Die vorliegende Studie nimmt sich dieser Digitalisierung des öffentlichen Lebens an. Beleuchtet werden ausgewählte Aspekte einer derzeitigen und zukünftigen Smart-Region Bonn/Rhein-Sieg. Dabei geht es insbesondere um Chancen für die regionale Wirtschaft und Perspektiven für die Bevölkerung.

Die Definition einer „Smart-Region“ oder im urbanen Kontext einer „Smart-City“ ist nicht trivial. Häufig wird der technologische Aspekt überproportional betont, während das notwendige Zusammenwirken von Bevölkerung, Politik, Wirtschaft und Forschung nicht ausreichend adressiert wird. Grundlage für diese Studie ist eine von den Autoren dieser Studie durchge-

führte Adaption einer bekannten Definition [1]: Die Smart-Region nutzt systematisch die Potenziale digitaler Technologien, um den Ressourceneinsatz zu verringern, die Lebensqualität ihrer Bewohner nachhaltig zu erhöhen sowie die Wettbewerbsfähigkeit der regionalen Wirtschaft zu stärken. Kern hierfür sind intelligente Lösungen für Bereiche wie Infrastruktur, Bildung, Energie, Gebäude, Mobilität, Dienstleistungen oder Sicherheit, die typischerweise auf integrierter Sensorik, Konnektivität, Datenanalytik sowie selbststeuernden Wertschöpfungsprozessen basieren.

Aus wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Sicht stellt sich die Frage, ob sich solche Investitionen lohnen, da diese natürlicherweise mit Opportunitätskosten in anderen Bereichen verbunden sind. Erste Studien zeigen positive Effekte aus wirtschaftlicher Sicht. Eine konsequente Smart-City-Politik hat positive Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum [2]. Unklar bleibt, ob diese etwa durch erhöhte Nachfrage oder durch gesteigerte Produktivität erreicht werden. Im Bereich der Bevölkerungszufriedenheit kommt die Forschung zu ähnlichen Ergebnissen [3], betont jedoch, dass der alleinige Ausbau digitaler Techniken nicht ausreicht, sondern als Basis für gezielte Maßnahmen zur Verbesserung von Prozessen gesehen werden muss.

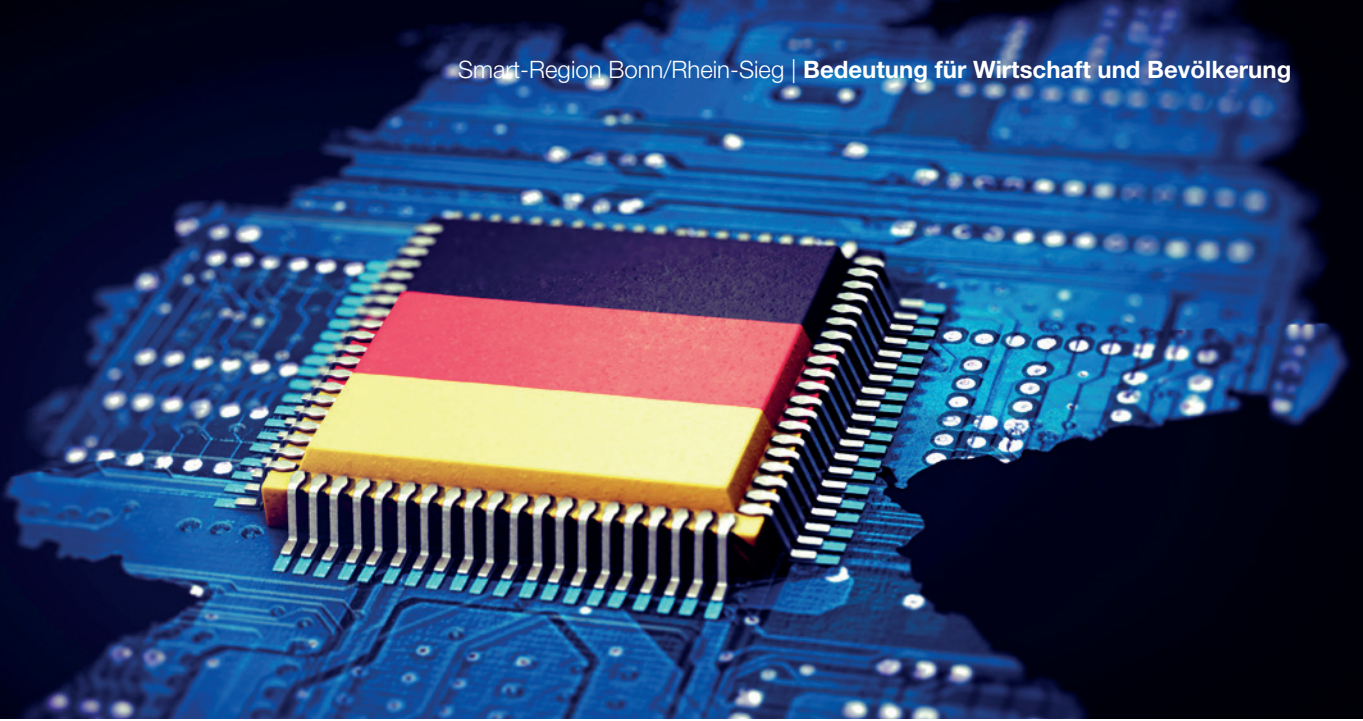
INDIZES ZUM VERGLEICH DER AUSBAUSTUFE

Um die derzeitige Situation einer Smart-Region zu bewerten, werden häufig Indizes herangezogen, die sowohl die Qualität und Quantität der Maßnahmen als auch die zeitliche Entwicklung widerspiegeln sollen. Während solche Indizes einen Anhaltspunkt bieten, sollte jedoch bei der Bewertung der Ergebnisse immer die Methodik hinterfragt werden.

Der derzeit in Deutschland am meisten beachtete Index im Bereich der Smart-Region stammt vom Branchenverband Bitkom [4]. Es existieren jedoch weitere nationale Initiativen wie das Smart-City-Ranking der Haselhorst Associates GmbH [5] sowie internationale Rankings wie der Smart-City-Index des Internatio-

nal Institute for Management Development (IMD) [6]. Betrachtet man die Methodik der genannten Indizes, fällt auf, dass diese sich sowohl in den betrachteten Kategorien als auch in deren Gewichtung unterscheiden. Dies wirkt sich auf die Ergebnisse aus, sodass sich die zehn höchstplatzierten Städte bei Bitkom und Haselhorst signifikant unterscheiden. Gemeinsam haben beide jedoch die Top-Platzierungen von München (1.) und Hamburg (2.). Im internationalen Index liegt wiederum Hamburg vor München.

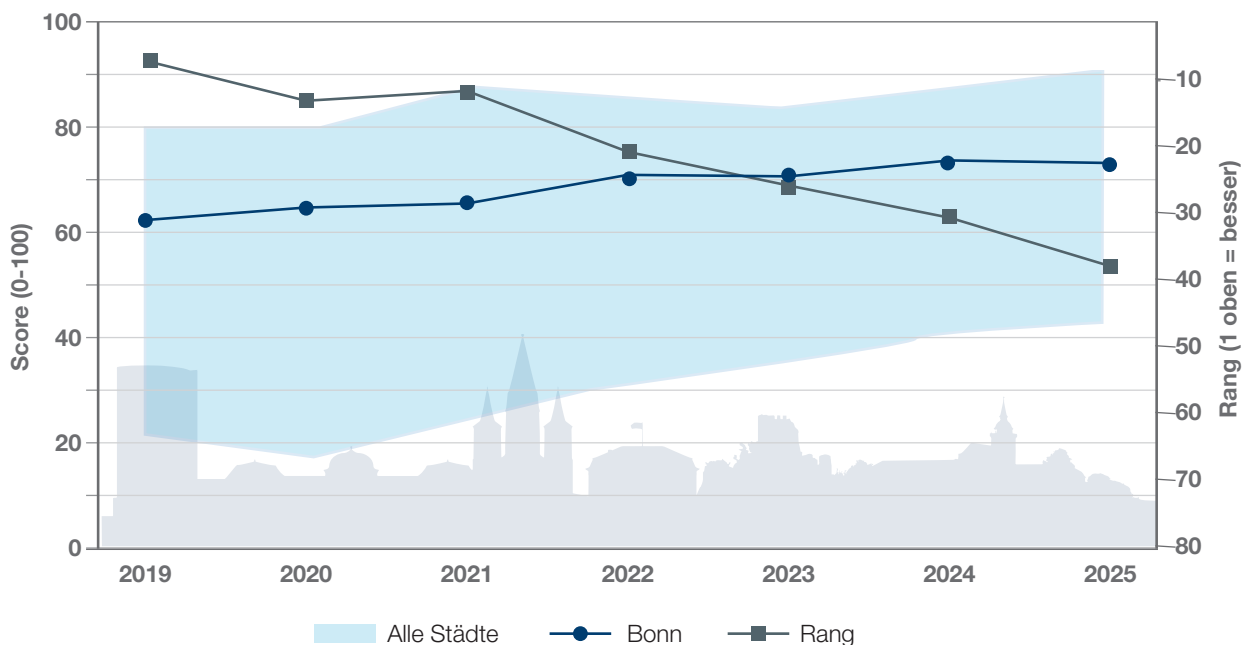
Aufgrund der weitreichenden Akzeptanz orientiert sich diese Studie insbesondere am Bitkom-Index. Dort belegt die Stadt Bonn



im Jahr 2025 den Platz 38 von 83, was im Vergleich zu 2024 eine Verschlechterung um sieben Plätze bedeutet. Eine Visualisierung des Verlaufs des Bitkom-Index ist in Abbildung 1 dargestellt. Dort zeigt sich, dass die Stadt Bonn im Vergleich zu anderen Städten

in ihrem Rang deutlich verloren hat und nun im Mittelfeld liegt. Gleichzeitig ist jedoch zu erkennen, dass die Gesamtbewertung steigt. Dies deutet darauf hin, dass die Stadt Bonn nicht schlechter geworden ist, sondern zahlreiche andere Städte besser.

ABBILDUNG 1: Der Bitkom Smart City Index über die Jahre visualisiert. Eigene Darstellung. Es zeigt sich, dass die Stadt Bonn kontinuierlich im Score steigt, jedoch im Rang gegenüber den anderen Städten verliert.



Kritisch anzumerken ist, dass sich die Methodik der Studie von Jahr zu Jahr verändert und eine Vergleichbarkeit über die Jahre hinweg nicht fundiert gewährleistet ist. So wurde beispielsweise

im Jahr 2023 das Thema Onlinezugangsgesetz (OZG) für Bürgerinnen und Bürger aufgenommen und stark gewichtet.



KERNBEREICHE

Wie lässt sich die gesamte Thematik einer Smart-Region in verschiedene Teilbereiche aufteilen? Auch hier existiert keine allgemeingültige Definition. Diese Studie orientiert sich an den Kernthemen, die von der Bitkom im Bereich Smart-City definiert wurden:



VERWALTUNG

Im Bereich der Verwaltung geht es um digitale Prozesse in der Stadtverwaltung und um eine moderne Interaktion zwischen Unternehmen, Bürgerinnen und Bürgern mit der Verwaltung. Insbesondere das Onlinezugangsgesetz (OZG) ist als rechtliche Grundlage für viele digitale Dienste zu beachten. Es fordert einen digitalen Zugang zu zentralen Interaktionen wie Ummeldungen, Führerscheinangelegenheiten, Kfz-Zulassungen und Handwerksgründungen. Darüber hinaus gibt es weitere Indikatoren wie die Möglichkeit zur Online-Terminvergabe in verschiedenen Ämtern sowie bargeldlose Zahlung vor Ort. Die Digitalisierung der Verwaltung findet nicht sichtbar im öffentlichen Stadtbild statt, sondern in den Ämtern. Die tägliche Interaktion der Bürgerinnen und Bürger sowie der Wirtschaft mit der Verwaltung ist meist gering. Jedoch ist der psychologische Effekt einer funktionierenden digitalen Verwaltung nicht zu unterschätzen. Aktuelle Erhebungen zeigen, dass für 48 Prozent einfach und schnell nutzbare digitale Angebote ein Grund sind, dem Staat (wieder) mehr zu vertrauen [7]. Als Hauptproblem werden Medienbrüche in der Verarbeitung, also fehlende durchgängige digitale Datenverarbeitung, angeführt. Datenschutz und IT-Sicherheit stellen ebenfalls Herausforderungen dar.



MOBILITÄT

Der Bereich der Mobilität umfasst alle Aspekte, die dazu beitragen, dass Menschen sich schnell und sicher bewegen können. In der Region Bonn/Rhein-Sieg ist Mobilität seit Jahren ein Streitthema in der lokalen Politik. Das Thema ist divers und umfasst Fortbewegung und Parken mit privaten Pkw, Sharing-Angebote wie Fahrräder und Roller sowie den ÖPNV. Diese können durch Digitalisierung intelligenter gestaltet werden. Im Bereich des ÖPNV gibt es von Handytickets über Echtzeitinformationen bis hin zu autonomen Fahrzeugen verschiedene Ausbaustufen. Für Pkw spielt die Digitalisierung insbesondere im Bereich des Parkens eine Rolle. Konzepte wie Handyparken oder Kennzeichenerkennung mit automatischer Abrechnung können eine erhebliche Zeitersparnis darstellen. Wichtig ist, dass solche Digitalisierungskonzepte nur bei einem guten Zustand der Basisinfrastruktur spürbaren Mehrwert schaffen.



ENERGIE UND UMWELT

Der Bereich Energie und Umwelt adressiert insbesondere die Herausforderungen der Energiewende, die durch den Klimawandel motiviert ist. Es gibt Schnittmengen mit der Mobilität, etwa bei der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge. Besonders relevant sind moderne Energielösungen wie eine hohe Dichte an Photovoltaikanlagen, nachhaltige Wärmeerzeugung und Umweltmonitoring, etwa zur Luft-, Wasser- und Bodenqualität. Diese Daten können für eine datenbasierte Energie- und Wärmeplanung genutzt werden.



GESELLSCHAFT UND BILDUNG

Der Bereich Gesellschaft und Bildung ist für viele Personen nicht direkt mit einer Smart-Region assoziiert, stellt jedoch einen zentralen Bereich dar. Dies umfasst die Digitalisierung von Schulen sowie die Vermittlung von Digitalkompetenzen für Lehrkräfte, Verwaltung und Lernende. Für die lokale Wirtschaft ist eine aktive Start-up- und Gründerszene besonders interessant, da sie Synergieeffekte in der Region erzeugen kann. Um moderne Arbeitskonzepte zu realisieren, sind beispielsweise Coworking-Spaces relevant. Eine digitale Szene in Vereinen und Hochschulen schafft zudem überregionale Sichtbarkeit einer Region.



IT UND KOMMUNIKATION

Der Bereich IT und Kommunikation wird häufig als Kernbereich im Themengebiet der Smart-Region verstanden, da die Digitalisierung hier direkt evident ist. Zentral ist die Schaffung digitaler Infrastrukturen, von denen die anderen oben genannten Kernbereiche langfristig profitieren. Eine Breitbandanbindung, idealerweise mit Glasfaser, ist für die lokale Wirtschaft essenziell. Auch die Verfügbarkeit aktueller Mobilfunkstandards wie 5G bietet Vorteile im Bereich der mobilen Kommunikation. Damit Sensoren und Aktoren Daten senden und empfangen können, kommen spezielle Netzwerke wie LPWAN zum Einsatz. Für im öffentlichen Raum erhobene Daten ist eine Darstellung und Verbreitung über Open-Data- und Geodatenportale oder dedizierte Smart-City-Anwendungen notwendig.

Eine vollständige und ausreichende Betrachtung aller Bereiche würde den Umfang dieser Studie bei weitem sprengen. Aufgrund der Interessenlage und Erfahrung der Autoren sowie der Aktualität werden insbesondere die Kernbereiche Energie und Umwelt, Gesellschaft und Bildung sowie IT und Kommunikation adressiert.

GESELLSCHAFT UND BILDUNG



Eine erfolgreiche Digitalisierung der Gesellschaft und moderne digitale Bildung sind für eine Smart-Region entscheidend. Auch wenn es nicht unmittelbar ersichtlich ist, profitiert insbesondere die regionale Wirtschaft davon. Viele Unternehmen leiden weiterhin unter Fachkräftemangel. Besonders gefragt sind Fachkräfte, die Digitalisierung sowohl in ihrem Bildungsweg als auch im gesellschaftlichen Zusammenleben positiv erlebt haben. Diese positiven Erfahrungen wirken sich auch auf den beruflichen Kontext aus.

Aus Sicht der regionalen Wirtschaft ist „die digitale Transformation bereits flächendeckend spürbar, verläuft jedoch mit sehr unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Während einige Unternehmen weitgehend digitalisiert arbeiten, stehen andere noch am Anfang. Nach Einschätzung der IHK Bonn/Rhein-Sieg spiegelt sich dies auch im Bildungsbereich wider: Modulare, kleinteilige Kursangebote sind notwendig, um Fachkräfte passgenau zu qualifizieren und die unterschiedlichen Bedarfe der Betriebe zu adressieren, aber Neuordnungsverfahren von IHK-Abschlüssen sollten bundesseitig diese Themen als selbstverständlich beinhalten.“ [8]

Beispielsweise erreicht nach dem Bitkom-Index für das Jahr 2025 die Stadt Bonn lediglich 68,4 von 100 Punkten (Rang 51) in Gesellschaft und Bildung. Die Kategorie umfasst Indikatoren wie digitale Bildungsangebote, gesellschaftliche Innovationsszene und Bürgerbeteiligung. Während die Digitalisierung der Schulen in Bonn bereits weit vorangekommen ist (Indexwert 87,3 von 100) und die Öffentlichkeit effektiv in Entscheidungsprozesse einbezogen wird (Bürgerbeteiligungs-Index 96), besteht eine Lücke bei der Vermittlung digitaler Kompetenzen an die breite Bevölkerung (Indexwert 37,5 für Digitalkompetenz) in der Bundesstadt Bonn.

Im Folgenden wird zunächst der Bereich Gesellschaft und Bildung als Teil einer Gesamtstrategie für die Smart-Region Bonn/Rhein-Sieg eingeordnet. Anschließend erfolgt, angelehnt an die Kategorien des Bitkom Smart City Index, ein Fokus auf verschiedene Kernbereiche für Gesellschaft und Bildung: Digitalisierungskonzepte für Schulen, Digitalkompetenz, digitale Szene, lokaler Handel sowie Start-up-Hubs, Fab Labs und Coworking. Abschließend werden für den gesamten Bereich Gesellschaft und Bildung gemeinsame Handlungsempfehlungen für die Region abgeleitet.



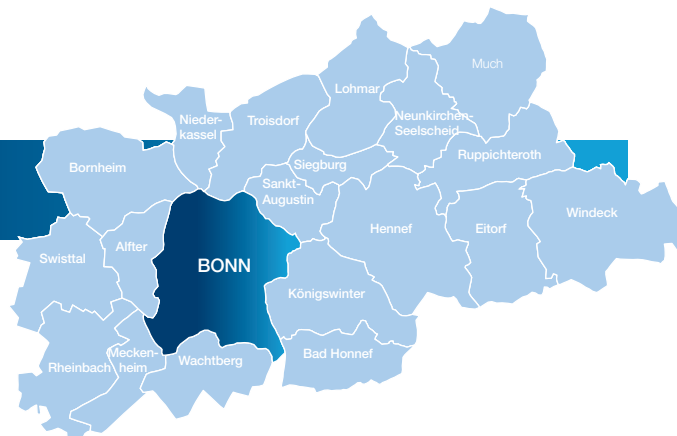
TEIL EINER GESAMTSTRATEGIE FÜR DIE SMART-REGION BONN/RHEIN-SIEG

Das Thema Gesellschaft und Bildung ist häufig Teil einer übergreifenden Strategie zu Smart-City, Smart-Region oder Digitalisierung verschiedener Gebietskörperschaften der Region und wird nur selten isoliert betrachtet. Neben der Bundesstadt Bonn

gestalten auch Kommunen im Rhein-Sieg-Kreis die digitale Zukunft aktiv mit. Im Folgenden werden beispielhaft die Städte Bonn, Troisdorf, Siegburg, Hennef und Lohmar beschrieben.

BONN

Gemäß der Smart-City-Strategie [9] der Stadt Bonn werden Bürgerinnen und Bürger ermutigt, sich aktiv an der Gestaltung einer digitalen Stadt zu beteiligen und ihre Ideen einzubringen. Die Stadt plante hierzu die Durchführung von Vorträgen, Podiumsdiskussionen und Barcamps, die Informationen sowie Gelegenheiten zum Dialog und zum gemeinsamen Ideenaustausch bieten. Zu den umgesetzten Initiativen gehören das von der Stadt betriebene Beteiligungsportal *bonn-macht-mit* für strukturierte Konsultationen, KITA-NET für die Vergabe von Kita-Plätzen und die Kommunikation mit Eltern sowie die CityKey-App, die als mobiler Zugangspunkt für kommunale Dienste (Terminvereinbarungen und Meldungen von Vorfällen) dient. Darüber hinaus gewährleistet das Online-Angebot der Stadtbibliothek mit Res-

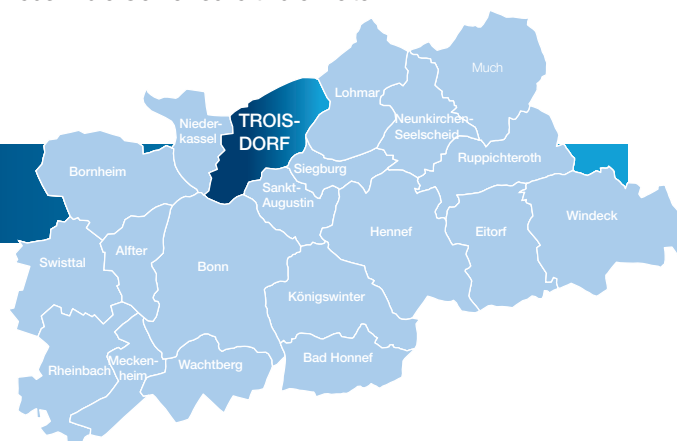


sourcen wie Onleihe, PressReader und DigiBib einen kontinuierlichen Zugang zu Lernmaterialien und Nachschlagewerken. Die zur Verfügung stehenden Ressourcen dienen zur Unterstützung der Informationssuche, des Sprachenlernens, der schulischen Arbeit sowie der kulturellen Betätigung. Die vorliegenden Tools haben das Potenzial, verfahrensbedingte Hindernisse zu reduzieren, grundlegende digitale Kompetenzen in den Alltag der Stadt zu integrieren und die Lernmöglichkeiten über die Schule hinaus in die Gemeinschaft zu erweitern.

TROISDORF

In den Jahren 2022 und 2023 hat die Stadt Troisdorf eine Smart-City-Strategie [10] mit sieben Handlungsfeldern, darunter „Bildung und Lernen“, erarbeitet. Der Prozess wurde von der städtischen „Stabsstelle Digitalisierung“ gesteuert und bezog die Bevölkerung in der Breite mit ein. Über 1400 Rückmeldungen von Bürgerinnen und Bürgern, rund 350 Projektideen und Beiträge von mehr als 40 Expertinnen und Experten bildeten die Grundlage der Strategie. Ziel war es, Handlungsfelder und konkrete Projekte zu definieren, die sowohl die digitale Transformation als auch die gesellschaftliche Teilhabe über alle Lebensphasen hinweg fördern.

Die Umsetzung dieser Vorhaben wird ebenfalls von der Stabsstelle für Digitalisierung koordiniert. „Die Stabsstelle steuert den



gesamten Prozess – von der Strategieentwicklung über die Kommunikation bis hin zum Monitoring der aktuell rund 30 laufenden Projekte. Der Strategieprozess wurde in einem einjährigen, partizipativen Verfahren mit vielfältigen Stakeholder-Formaten entwickelt und ist im Sinne einer Smart-Region ausgerichtet.“ [11]. Die Stadt Troisdorf verfolgt im Handlungsfeld „Bildung und Lernen“ einen systemischen Ansatz zur Stärkung digitaler Bildungsstrukturen. Zentrale Grundlage ist der Medienentwicklungsplan für die Jahre 2023 bis 2027, der als Masterplan für die Schuldigitalisierung alle öffentlichen Schulen im Stadtgebiet

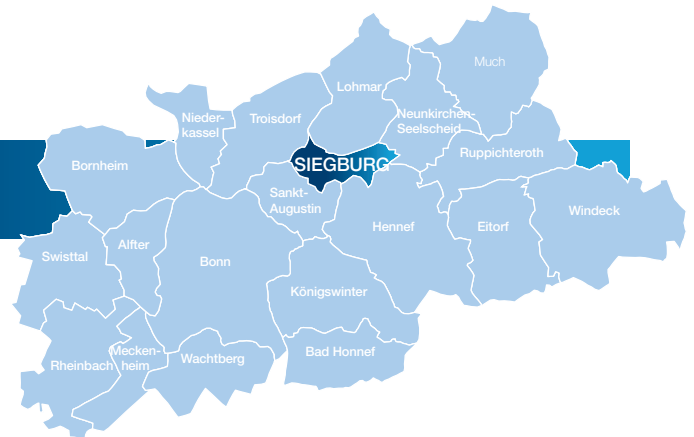
umfasst. Neben der technischen Ausstattung, wie zum Beispiel WLAN und Endgeräte, adressiert der Plan auch Support-Strukturen sowie organisatorische Rahmenbedingungen für den nachhaltigen Betrieb.

Ergänzend setzt Troisdorf gezielte Impulse im Bereich informeller und lebensbegleitender Bildung. So wird die Stadtbibliothek als „Bibliothek der Dinge“ weiterentwickelt. Neben klassischen Medien stehen dort digitale Lernmittel wie Tablets und Robotik-Sets zur Ausleihe bereit. Ziel dieser Maßnahme ist es, digitale Ressourcen außerhalb des schulischen Rahmens zu erkunden. Initiativen wie „Junioren helfen Senioren“ [12] ermöglichen es älteren Menschen, ihre digitalen Kompetenzen mit Smartphones und

Tablets zu verbessern, und tragen so dazu bei, die digitale Kluft zwischen Alt und Jung zu überbrücken. Andere „Praxisbeispiele aus Troisdorf zeigen, wie Verwaltung, Bildung und Teilhabe verbunden werden können: ein zentrales Serviceportal mit Antragsassistenten, digitale Sprechstunden der VHS, AWO und weiterer Akteure, eine Kita-App für Familien sowie Beratungsangebote wie die Pflegeberatung schaffen alltagsnahe Schnittstellen. Ergänzend werden durch Formate wie den „Digitaltag“ Räume für Austausch und Bürgerbeteiligung eröffnet. Diese Maßnahmen adressieren sowohl transaktionale Verwaltungsprozesse als auch Kompetenzaufbau und Teilhabe in der Breite“ [11].

SIEGBURG

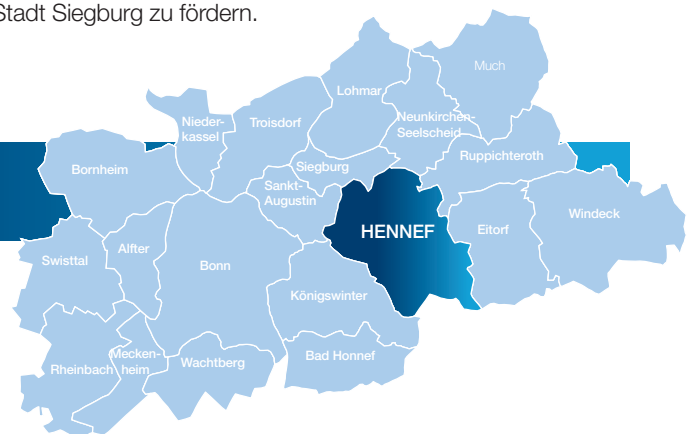
Der Smart-City-Ansatz der Stadt Siegburg [13] im Bildungsbereich fokussiert sich auf die Digitalisierung von Schulen, die Schaffung offener Lernräume sowie die Bereitstellung barrierefreier Beteiligungsmöglichkeiten. Die Ausstattung von Bildungseinrichtungen mit Geräten wie beispielsweise iPads, Whiteboards und Unterrichtssoftware zielt auf die Optimierung des Lernens ab. Im Rahmen des Projekts wurde eine Dienstleistungskarte entwickelt, die für die gesamte Stadt verfügbare Beratungs- und Sozialangebote zusammenfasst. Zu den aufgeführten Angeboten zählen Initiativen, zu denen auch eine digitale Sprechstunde für Senioren gehört. Die Stadt setzt auf digitale Partizipation als Instrument für Lernen und Engagement. Zu diesem Zweck bedient sie sich einer Teilnehmungsplattform und der Übertragung von Ratssitzungen in Echtzeit. Das Ziel



dieser Maßnahmen besteht darin, die Bürgerinnen und Bürger mit den kommunalen Abläufen vertraut zu machen. Das Projekt „Inklusive Digitalisierung in der EU“ zielt darauf ab, Defizite bei den Grundkompetenzen sowie den Mangel an IT-Fachkräften zu beheben. Zu diesem Zweck werden lokale Veranstaltungen organisiert und die mehrstufige Online-Partizipation gefördert. Gegenwärtig wird das Projekt „Siegburg-Quiz“ durchgeführt, das darauf abzielt, die Verbreitung von Bildungsangeboten, die durch Gamification-Methoden ergänzt werden, in der gesamten Stadt Siegburg zu fördern.

HENNEF

Gemäß dem Digitalisierungskonzept [14] der Stadt Hennef ist die digitale Bildung als eines der prioritären Handlungsfelder definiert. Der Prozess wurde partizipativ gestaltet. Im Bereich Schulen und formale Bildung investiert die Stadt seit 2005 kontinuierlich in die IT-Ausstattung. Im Rahmen des „Digitalpakts Schule“ erfolgten die Anschaffung von Präsentations- und Netzwerktechnik, Tablets sowie die Koordination des Medienentwicklungsplans. Auch die Aspekte Infrastruktur, Pädagogik und Schulung wurden berücksichtigt. Die Zusammenarbeit mit wissenschaftlich-akademischen Einrichtungen ist von besonderer Relevanz. Beispielsweise sind in Kooperation mit der Hochschu-

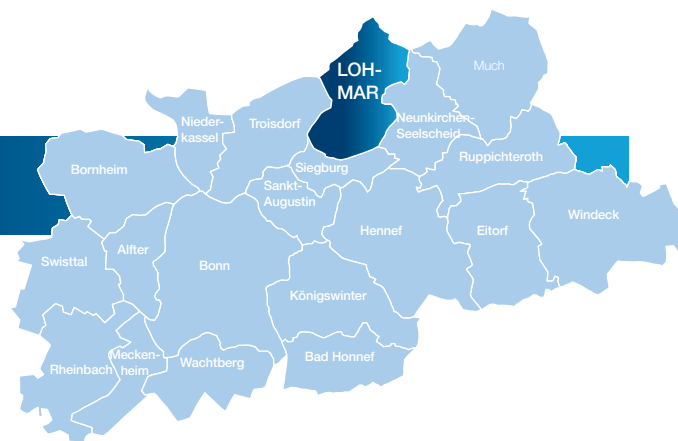


le Bonn-Rhein-Sieg im Rahmen von Hackathons praktische Anwendungen wie Besucherzählungen, Umwelt- und Wasserstandssensoren sowie digitale Stadtführungen entstanden [15]. Die Ergebnisse dieser Analyse sowie zusätzliche Sensordaten werden über die Plattform CityKey [16] der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



LOHMAR

Die Strategie „Digitales Lohmar 2025“ [17] im Bildungsbereich verbindet offene, städtische Lernräume mit digitalen Ressourcen. Schulen werden systematisch mit digitalen Tafeln, mobilen Endgeräten und Robotik-Kits ausgestattet, flankiert durch den bundesweiten „Digitalpakt Schule“ [18] und aktualisierte Medienentwicklungspläne (MEP, s. u.; Digitalisierungskonzept für Schulen). Ein wesentlicher Bestandteil ist das „Digitale Heimatarchiv“, das in Zusammenarbeit mit dem Heimatverein Lohmar e. V. erstellt wurde. Es bietet eine frei zugängliche Datenbank mit rund 1.200 Objekten, darunter Fotografien, Heimatzeitschriften und alte Stadtpläne. Bürgerschaft und lokale Organisationen sind eingeladen, selbst Beiträge zu diesem Archiv zu leisten. Darüber hinaus dient der „Tag der digitalen Bildung“ als



Auftaktveranstaltung und Plattform für den Austausch zwischen lokalen Akteuren. Die Initiative „Netz.Werk.Stadt“ [19] soll als öffentliches Lern- und Beteiligungszentrum fungieren. Sie bietet Ausstellungsflächen für städtische Projekte, Bildungsangebote zum Thema Smart-City für verschiedene Altersgruppen und regelmäßige Sprechstunden, die digitale Beratung, Klima-Diskussionen, Mobilität, Gemeindeverbände sowie wirtschaftliche Entwicklung umfassen.

DIGITALISIERUNGSKONZEPT FÜR SCHULEN

Die nachhaltige Integration digitaler Bildung in Schulen erfordert koordinierte Anstrengungen auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene. Der „Digitalpakt Schule“ (2019–2024) [20] stellt finanzielle Mittel zur Verfügung, die in Nordrhein-Westfalen mit einer Gesamtsumme von etwa 949 Mio. Euro beziffert werden. Zweck dieser Mittel ist die Ausstattung von Schulen mit einer leistungsfähigen Infrastruktur. Zu den erforderlichen Komponenten zählen Breitband, WLAN, interaktive Whiteboards und mobile Endgeräte.



Die Grundlage für den Zugang zu diesen Mitteln bildet die Erstellung eines Medienentwicklungsplans (MEP), den jede Schule in Zusammenarbeit mit ihrer Schulbehörde entwickelt. Der MEP [21] verbindet die technische Ausstattung mit pädagogischen Konzepten und ermittelt den Fortbildungsbedarf der Lehrkräfte. Die landesweite „Digitale Strategie für Schulen in Nordrhein-Westfalen“ [22] bündelt diese

Ansätze in einem gemeinsamen Rahmen. Sie definiert Handlungsfelder wie Infrastruktur, Unterrichtsentwicklung und Lehrerfortbildung.

Plattformen wie LOGINEO NRW [23] stellen Tools für die Organisation des Unterrichts, die Kommunikation und die Zusammenarbeit bereit. Zusammen bilden der Digitalpakt, die MEPs und die Landesstrategie ein koordiniertes Instrumentarium, das technologische, pädagogische und organisatorische Dimensionen integriert.

Auf regionaler Ebene wurde die Umsetzung durch spezifische Projekte und Investitionen realisiert. Im Rhein-Sieg-Kreis wurden beispielsweise in den Jahren 2023 und 2024 rund 6 Mio. Euro in die Digitalisierung von Schulen investiert, wobei vor allem Mittel aus dem Digitalpakt zum Einsatz kamen. Auf Grundlage der MEPs wurden über 350 Klassenzimmer mit interaktiven Whiteboard-Systemen ausgestattet, mehr als 3.000 mobile Geräte verteilt und eine umfassende WLAN-Infrastruktur eingerichtet [24]. Darüber hinaus fördern ergänzende Netzwerke wie BONNEUM [25] in Bonn, das außerschulische Lernwerkstätten miteinander verbindet und landesweite Veranstaltungen wie den Digitaltag NRW [26] anbietet, den Austausch und die Weiterentwicklung didaktischer Konzepte.

DIGITALKOMPETENZ

Der Begriff Digitalkompetenz umfasst das Wissen, die Fähigkeiten sowie die Einstellungen von Lehrenden und Lernenden, digitale Technologien sachkundig, kreativ und verantwortungsvoll einzusetzen. Dies schließt technische Fähigkeiten (etwa die Bedienung von Geräten und Software sowie den sicheren Umgang mit Daten) mit ein [27]. In Nordrhein-Westfalen soll der Entwicklung digitaler Kompetenzen in der Schule eine hohe Priorität beigemessen werden. Die Schülerinnen und Schüler werden dazu angehalten, grundlegende Fähigkeiten zu erlangen, darunter Informationskompetenz, kritisches Denken, verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Werkzeugen, Zusammenarbeit in vernetzten Umgebungen und die Fähigkeit zur Erstellung und Präsentation digitaler Inhalte. Auch Lehrerinnen und Lehrer sollen digitale Werkzeuge beherrschen und sie effektiv in ihren Unterricht integrieren, um sowohl individuelles als auch gemeinschaftliches Lernen zu unterstützen und gleichzeitig einen kritischen Umgang mit Medien und Technologien zu fördern. Die genannten Kompetenzen sind im Rahmen der „Bildung in der digitalen Welt“ [28], wie sie von der Kultusministerkonferenz (KMK) definiert wurde, in sechs Kernbereichen festgelegt: Informationsbeschaffung, -verarbeitung und -speicherung, Kommunikation und Kooperation, Produktion und Präsentation, Schutz und Risikomanagement, Problemlösung und Analyse sowie Reflexion.

Um diese Ziele zu erreichen, hat das Land Nordrhein-Westfalen eine Vielzahl von Strategien entwickelt. Die „Digitalstrategie Schule NRW“ [29] fungiert als ein Orientierungsrahmen, der Lehrkräften als Handlungsanleitung für die Integration digitaler Kompetenzen in den Lehrplan sowie für die Lehrerbildung dient. Plattformen wie „lernen-digital.nrw“ [30] stellen Schulen praktische Ressourcen, Online-Module und Moodle-basierte Umgebungen zur Verfügung. Darüber hinaus werden die Schulen von Digitalisierungsbeauftragten und regionalen Medienberatern [31] unterstützt, die sie bei der digitalen Transformation begleiten. Ein zentraler Bestandteil dieser Initiative ist die „Digitale Fortbildungsoffensive NRW“ (DFO) [32], die Lehrkräften verschiedene Schulungen und Workshops zur Verbesserung ihrer pädagogischen und technischen Fähigkeiten im Bereich der digitalen Bildung anbietet. Darüber hinaus bieten innovative Pilotprojekte, wie beispielsweise der Einsatz von Virtual Reality im Unterricht [33], die Möglichkeit, neue Ansätze zu erproben. Ziel des vorliegenden Maßnahmenkatalogs ist es, digitale Kompetenzen zu einem integralen Bestandteil des Lehrens und Lernens zu machen.

Auch aus Sicht der regionalen Wirtschaft ist „die Entwicklung digitaler Kompetenzen von zentraler Bedeutung. Das IHK-Bildungszentrum Bonn/Rhein-Sieg gGmbH hebt hervor, dass digitale Fähigkeiten für Fachkräfte einen entscheidenden Indikator für Wettbewerbsfähigkeit darstellen. Standardisierte Weiterbildungsangebote reichen jedoch nicht aus, da Unternehmen sehr unterschiedliche Voraussetzungen und Bedarfe haben. Erforderlich sind modulare, paketweise strukturierte Formate, die sich am tatsächlichen Bedarf der Betriebe orientieren.“ [8]

Erste Ergebnisse dieser Maßnahmen sind bereits sichtbar. So wurden 2024 im Rhein-Sieg-Kreis zwölf Schulen für ihr Engagement in MINT-Fächern [34] und Digitalisierung als „MINT-freundliche Schule“ bzw. „Digitale Schule“ ausgezeichnet. Das Albert-Einstein-Gymnasium in Sankt Augustin zählt zudem zu den wenigen bundesweit prämierten „Smart Schools“ [35]. Dort werden seit Jahren Tablets flächendeckend eingesetzt, digitale Lernplattformen genutzt und mit einem schulinternen „Digi-Team“ kontinuierlich neue Konzepte erprobt. Ein weiteres Beispiel ist das Programm „Mediencouts“ [36] an derzeit 33 Schulen im Rhein-Sieg-Kreis und 28 Schulen in Bonn. Dort werden Jugendliche gezielt ausgebildet, um ihre Mitschülerinnen und Mitschüler beim sicheren und verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Medien zu unterstützen. In Workshops zu Themen wie Cybermobbing, Datenschutz oder Urheberrecht geben sie ihr Wissen weiter und schaffen praxisnahe Lerngelegenheiten. Ziel des Programms ist es, Eigenverantwortung zu fördern, kooperative Fähigkeiten zu stärken und zu verdeutlichen, dass Digitalkompetenz neben dem Unterricht auch durch Peer-Learning und gemeinsames Lernen vermittelt und entstehen kann.



DIGITALE SZENE

Die Region Bonn/Rhein-Sieg zählt zu den dynamischsten digitalen Hotspots in Deutschland. Mit rund 4.500 Unternehmen aus der Informations- und Kommunikationsbranche – etwa acht Prozent aller Betriebe [37] in der Region – ist hier ein starker IT-Wirtschaftsstandort entstanden. Diese Dichte spiegelt sich nicht nur in Zahlen, sondern auch in einer lebendigen Start-up-Kultur und aktiven Tech-Communities wider.

Organisationen wie der „Digital Hub Bonn“ vernetzen Gründerinnen und Gründer mit etablierten Unternehmen, Hochschulen



und Investoren. Ob durch „Accelerator-Programme“ [38], Gründerstammtische oder Barcamps [39] – die Szene lebt von Austausch, Experimentierfreude und gemeinsamer Innovationskraft. Auch die IHK Bonn/Rhein-Sieg bringt regelmäßig Impulse ein: Mit Fachkonferenzen wie „Digital Xchange“ [40] fördert sie den Dialog zu Digitalisierungstrends. Der „Cyber Security Cluster Bonn“ [41] ist deutschlandweit einzigartig. Hier bündeln Kommunen, Hochschulen, Unternehmen und Behörden ihre Kompetenzen, um die Region als führenden Standort für Cybersicherheit zu stärken. Auch die IHK selbst übernimmt hier eine doppelte Rolle: als standortpolitische Stimme und als operativer Qualifizierungsträger. Neben Konferenzen und Netzwerken entwickelt sie kleinteilige Kursangebote, die Unternehmen gezielt in ihrer digitalen Transformation unterstützen sollen.

Mit dieser engen Zusammenarbeit und flankiert durch beispielsweise große IT-Arbeitgeber wie die Deutsche Telekom oder wichtige Bundesbehörden kann ein Ökosystem in der Region Bonn/Rhein-Sieg entstehen, in dem digitale Ideen nicht nur gedacht, sondern auch umgesetzt werden können.

LOKALER HANDEL UND START-UP-HUBS

Im Bitkom Smart City Index 2025 erreichte Bonn in der Kategorie „Digitale Szene“ mit 100 Punkten die maximale Punktzahl, jedoch beim Indikator „Lokaler Handel und Start-up Hubs“ hingegen, wie im Folgenden dargestellt, unverständlicherweise nur 0 Punkte.

Viele Händler in der Region reagieren bereits erfolgreich auf die aktuellen Herausforderungen mit Online-Marktplätzen, Social-Media-Strategien oder Click-and-Collect-Angeboten. Um diese Entwicklung weiter zu stärken, empfiehlt die IHK Bonn/Rhein-Sieg eine gezielte Förderung der Digitalisierung im Handel [41]. Auch eine stärkere koordinierte Zusammenarbeit zwischen Stadtverwaltung, digitalen Initiativen, lokalen Unternehmen und Betrieben sowie akademischen Einrichtungen könnte die Integration digitaler Innovationen in eine nachhaltige regionale Entwicklung weiter fördern.

Gleichzeitig hat sich die Region als Nährboden für Start-ups etabliert – insbesondere in Feldern wie Cybersecurity, Geoin-

formation und Telekommunikation. Der „Digital Hub Bonn“ bietet Gründerinnen und Gründern eine Reihe von Services: Neben Coaching und Zugang zu Coworking-Spaces gibt es auch die Möglichkeit, Kapitalgeber zu finden. Spezielle Programme wie der „Cybersecurity-Accelerator“ helfen jungen Tech-Unternehmen, ihre Ideen innerhalb weniger Monate marktreif zu entwickeln. Ergänzend unterstützt das Gründungszentrum der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (Start-up-Manufaktur) [42] Studierende und Alumni mit Beratung, Workshops und Wettbewerben, sodass auch aus dem Hochschulumfeld regelmäßig neue digitale Geschäftsmodelle hervorgehen.



FABLABS UND COWORKING

FabLabs (Fabrication Laboratories) sind offene Werkstätten mit digitalen Fertigungstechnologien (u. a. 3D-Druck, CNC-Fräsen, Lasercutter). Sie ermöglichen niederschweligen Zugang zu Prototyping, Reparatur und anwendungsnaher Technikbildung und verbinden formelles mit informellem Lernen. In Bonn betreibt der Verein „MakerSpace Bonn e. V.“ [43] eine offene High-Tech-Werkstatt mit 3D-Druckern, CNC-Fräsen, Lasercuttern und Elektronikarbeitsplätzen. Nutzergruppen reichen von Schülerinnen und Schülern über Studierende bis hin zu Gründungsteams. Das „Machwerk Hennef“ [44] ist das erste FabLab im Rhein-Sieg-Kreis, das seit 2018 als niedrigschwelliger Mehrgenerationenraum [45] moderne Fertigungstechnologien für alle Bürgerinnen und Bürger zugänglich macht.

Parallel wächst ein Netz von Coworking-Spaces, das Start-ups, Freischaffenden und Projektteams flexible Arbeitsumgebungen und Austauschformate bereitstellt. Orte wie der „Digital Hub

Bonn“ oder private Anbieter fördern mit Workshops, Meetups sowie inter- und transdisziplinären Austauschformaten den Wissensfluss zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Ein Beispiel für diese Verzahnung ist die „Denkschmiede“ mit Standorten in Hennef und Winterscheid. Neben klassischem Coworking organisiert sie regelmäßige Netzwerkformate. In Kooperation mit der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg und der Fachhochschule des Mittelstands unterstützt sie den Wissenstransfer und die Umsetzung von Forschungsergebnissen in praxisnahe Geschäftsmodelle. Am Standort Winterscheid wird zudem mit Unterstützung der REGIONALE 2025 [46] ein „Customer Experience Lab“ aufgebaut, in dem Unternehmen gemeinsam mit Studierenden und Forschenden neue Serviceangebote und Technologien erproben können.



HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

In der digitalen Transformation gelingt die Verknüpfung von Bildung, Gesellschaft und Wirtschaft vor allem durch praxisnahe Formate, die Lernorte mit Unternehmen und weiteren gesellschaftlichen Akteuren verbinden. Dabei ist die systematische Einbindung von Unternehmen in schulische und akademische Kontexte entscheidend. Durch Tandemprojekte, Innovationslabore oder projektorientierte Kooperationen können reale Herausforderungen aufgegriffen werden. Somit wird einerseits die Berufsorientierung junger Menschen gestärkt und andererseits ein unmittelbarer Wissenstransfer zwischen Bildungseinrichtungen und Wirtschaft gefördert. Digitale Kompetenzen sind dabei nicht nur eine individuelle Schlüsselqualifikation, sondern entwickeln sich zunehmend auch zu einem zentralen Wettbewerbsfaktor für Unternehmen und Regionen.

Um diese Kompetenzen zu verankern, sind modulare und praxisorientierte Weiterbildungsangebote erforderlich, die sich an den unterschiedlichen Digitalisierungsgraden von Unternehmen, Organisationen und auch Kommunen orientieren. Besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) benötigen vereinfachte Förderzugänge, betriebsnahe Schulungen sowie hybride und mobile Lernorte wie Bibliotheken, Volkshochschulen oder Lernbusse. Solche niedrigschwelligen Angebote er-

möglichen zudem lebenslanges Lernen und stärken die Anschlussfähigkeit in einer zunehmend digitalisierten Arbeitswelt. Die IHK übernimmt in diesem Kontext eine zentrale Rolle als Vermittlerin, indem sie Brücken zwischen Wirtschaft, Politik, Bildung und Zivilgesellschaft baut und Kooperationen institutionell verankert. Zudem weist sie auf die Bedeutung früher Berufsorientierung und einer gezielten MINT-Förderung hin, um Nachwuchskräfte zu sichern und regionale Innovationspotenziale auszubauen.

Für eine nachhaltige Umsetzung sind klare Strukturen mit verbindlichen Zielen, Indikatoren und inklusiven Beteiligungsformaten erforderlich. Digitale Verwaltungsangebote sollten systematisch mit Lernanlässen verknüpft und durch Train-the-Trainer Modelle ergänzt werden. Langfristig ist zudem die Entwicklung einer gemeinsamen Vision erforderlich, die über die kommunale Ebene hinaus in eine Smart-Region-Logik eingebettet ist. Eine solche Ausrichtung verknüpft Bildung, gesellschaftliche Teilhabe und wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit. Dabei können Zukunftsthemen wie Künstliche Intelligenz, Automatisierung oder Mobilität integriert und durch kontinuierliche Personalentwicklung flankiert werden.

ENERGIE UND UMWELT



Der Bereich Energie und Umwelt adressiert insbesondere die Herausforderungen der Energiewende, die durch den Klimawandel motiviert sind. Im Folgenden werden insbesondere

solche Lösungsstrategien diskutiert, die sich Digitalisierung zunutze machen. Aufgrund der klaren Abgrenzbarkeit erfolgt die Beschreibung für Energie und Umwelt separat.

ENERGIE

Die nachhaltige Transformation der Energieversorgung ist ein wesentliches Element einer Smart-Region-Strategie. Hierzu gehören nicht nur Effizienzmaßnahmen der Kommunen, wie die Einführung intelligenter Straßenbeleuchtung und die Ausstattung öffentlicher Gebäude mit intelligenten Energiemanagementsystemen, sondern insbesondere auch Energieeinsparungsmaßnahmen der heimischen Wirtschaft. Der Anteil der Unternehmen, die in Effizienzmaßnahmen investieren, nimmt angesichts steigender Energiekosten zu. Allerdings hemmen Lieferengpässe und Fachkräftemangel die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen. Außerdem ist der Einsatz digitaler Technologien in diesem Kontext noch nicht sehr ausgeprägt [47], obwohl diese für die Gewährleistung von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz essenziell sind. Dies bietet interessante Chancen für junge Start-ups in der IT- und Energiebranche, wie z.B. als Entwickler von Smart-Grid-Technologien, als Anbieter von branchenspezifischen Energiemanagementsystemen oder auch als Hersteller von energieeffizienter Hardware und Software (Green Coding). Neben der Energieeffizienz spielt der Ausbau der regenerati-

ven Energieversorgung eine wichtige Rolle in der Smart-Region-Strategie. Hierzu gehört die Nutzung von innerstädtischen Erzeugungspotenzialen über verfügbare Dachflächen, aber auch das intelligente Zusammenspiel von urbanen und regionalen regenerativen Erzeugungspotenzialen und -bedarfen. Darüber hinaus sind die Versorgung mit grüner Wärme sowie die Elektrifizierung der städtischen Mobilität wichtige Elemente einer Smart-Region. Im Planungsbereich können digitale Daten zu Gebäudebestand und Bevölkerungsstruktur zusammen mit Solarkatastern und digitalisierten Netzplänen wertvolle Informationen für den Umbau der kommunalen Energieinfrastruktur für Wärme, Strom und Mobilität liefern. Aufgrund der wetterbedingten Variabilität regenerativer Energieerzeugung ist ein intelligentes Energiemanagement für die effiziente Einbindung von Speichertechnologien und die zuverlässige Betriebsführung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen von zentraler Bedeutung. Ein solches Energiemanagement benötigt valide, datengestützte Prognosen. Die digitale Erfassung von Verbrauchs- und Erzeugungsdaten über Smart-Metering und kompatible Datenstruk-

turen spielt daher eine zentrale Rolle sowohl für den optimierten Umbau der Energieinfrastruktur als auch für den Betrieb. Dabei sollte die Smart-City-Strategie die Energieerzeugungspotenziale

und -bedarfe urbaner Zentren wie Bonn nicht isoliert, sondern gemeinsam mit dem regionalen Umfeld betrachten.

DIE REGION BONN/RHEIN-SIEG

Der Bitkom Smart-City-Index [4] verwendet v.a. Parameter, die sich auf kommunale Aktivitäten beziehen. Für den Index Energie werden die Parameter installierte PV-Leistung pro Bürgerin und Bürger, Anzahl der Ladepunkte für E-Fahrzeuge, Anteil emissionsreduzierender Antriebstechnologien bei öffentlichen Bussen und dimmbare Straßenbeleuchtung herangezogen. Sie stehen stellvertretend für die Bereiche Ausbau der regenerativen Energieversorgung, Elektrifizierung der urbanen Mobilität und Erhöhung der Energieeffizienz. Effizienzmaßnahmen der lokalen Wirtschaftsakteure spielen in diesem Index eine untergeordnete Rolle. Eine intelligente regionale Energie- und Dateninfrastruktur (Smart Grid) für ein effizientes Lastmanagement und eine sichere Versorgung mit Strom und Wärme sind von enormer Bedeutung für das wirtschaftliche Wachstum in der Region. Die digitalen Karten des Energieatlas NRW am LANUK (Landesamt für Natur, Umwelt und Klima) bieten eine erste Grundlage für den Ausbau einer entsprechenden Daten- und Energieinfrastruktur.

Installierte PV-Leistung pro Einwohnerin und Einwohner

Der Parameter für den Umbau der urbanen Energieversorgung zeigt, dass in den vergangenen fünf Jahren ein durchgängiger Ausbau der Photovoltaik im städtischen Umfeld zu verzeichnen ist. Dies gilt auch für die Bundesstadt Bonn. Dort stieg die installierte Leistung seit 2021 um 19.000 kWp auf insgesamt 63.100 kWp installierte Anlagenleistung mit einer jährlichen Solarstrom-

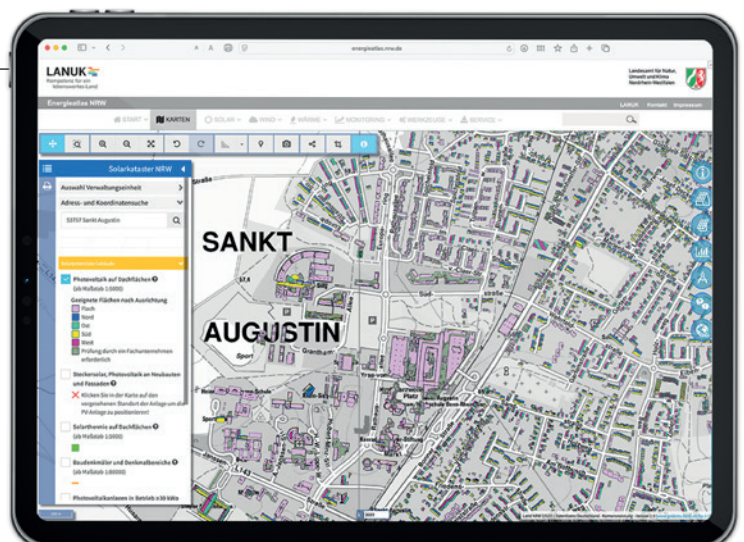
produktion von 53.000 MWh (Stand 31.12.2024) [48]. Damit liegt Bonn mit 18,5 MW pro 100.000 [49] Einwohnerinnen und Einwohner im unteren Mittelfeld der Städte vergleichbarer Größe [50]. Insgesamt ist das Dachflächenpotenzial weit höher. Auf Basis des Solarkatasters NRW [51] hat die Stadt Bonn 2023 ein aktualisiertes Solarkataster für Bonn veröffentlicht. Dieses bietet Dachflächenpotenziale für PV-Anlagen für jedes einzelne Gebäude im Stadtgebiet sowie Potenziale für Freiflächenphotovoltaik. Auf Basis dieses Katasters hat die Stadt ein Gesamtpotenzial von über 800 MWp für PV-Anlagen berechnet. Das landesweite Solarkataster für NRW stellt dieselbe Information für ganz NRW zur Verfügung, also auch für die Kommunen des Rhein-Sieg-Kreises.

Die Einbindung der urbanen Energieversorgung in die regionale Energieinfrastruktur erfordert aber aufgrund der Vielzahl an energiewirtschaftlichen Akteuren im Gebiet des Rhein-Sieg-Kreises einen erheblichen Koordinationsaufwand und Datenaustausch. Digitalisierung auf Basis kompatibler Datenformate und Informationsstandards ist in diesem Kontext eine wichtige Voraussetzung für die Einbettung der Stadt in eine regionale Energiewende. Grundsätzlich ist der Ausbau der PV in urbanen Gebieten durch die Verfügbarkeit geeigneter Dachflächen limitiert. Kleinere Städte und ländliche Gemeinden weisen aufgrund ihrer Siedlungsstruktur ein höheres Ausbaupotenzial auf. Daher ist die Entwicklung regionaler Konzepte für eine regenerative Energieversorgung zentral für die Transformation der Energiesysteme.



ABBILDUNG 2:

Screenshot vom LANUK-Solarkataster mit Informationen zu geeigneten Dachflächen für PV (hier exemplarisch für die Stadt Sankt Augustin).





Für die Region Bonn/Rhein-Sieg erfordert die Einbindung der urbanen Energieversorgung in regionale Strukturen aufgrund der Vielzahl an energiewirtschaftlichen Akteuren einen erheblichen Koordinationsaufwand und einen umfassenden Datenaustausch. Digitalisierung auf Basis kompatibler Datenformate und Informationsstandards ist in diesem Kontext eine wichtige Voraussetzung für die Einbettung der städtischen Energieversorgung in eine regionale Energiewende. Die Transformation des Energiemixes soll laut Beschluss der Stadt bis zum Jahr 2035 eine Energieversorgung mit Strom und Wärme aus ausschließlich regenerativen Quellen ermöglichen, bei gleichzeitiger Halbierung des Energiebedarfs.

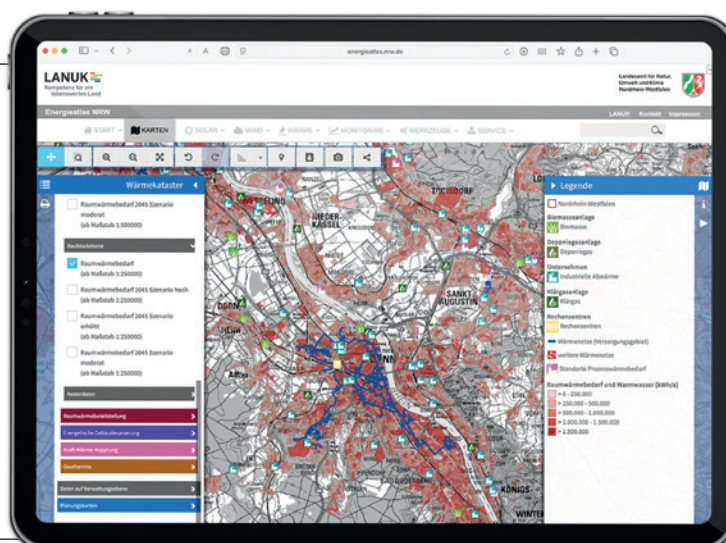
Die Smart-City-Strategien betreffen allerdings nicht nur den Umbau der Energieerzeugung, sondern auch Energieeffizienzmaßnahmen im Strom- und Wärmebereich. Hierzu gehört zum einen die Erstellung kommunaler Wärmepläne mit dem Ziel, den Bedarf

an Wärmeenergieerzeugung deutlich zu verringern. Im Gebiet Bonn/Rhein-Sieg basiert die Planung auf Katasterdaten, die das LANUK digital in Form interaktiver Karten zur Verfügung stellt.

Dimmbare Straßenbeleuchtung

Zu den Effizienzmaßnahmen gehört auch die Einführung intelligenter Straßenbeleuchtung, sogenannter Smart Poles. Diese werden mit Strom versorgt, sind an die Kommunikationsinfrastruktur angebunden, sodass sie bedarfsorientiert gesteuert werden können. Die LED-basierte Beleuchtung kann sich spezifischen Wetterverhältnissen und Verkehrssituationen anpassen und gezielt gedimmt werden. Darüber hinaus ist die Beleuchtung mit Sensorik zur Erfassung von Umwelt- und Verkehrsdaten ausgestattet, die eine gezielte Steuerung ermöglichen. Im Raum Bonn/Rhein-Sieg befindet sich die Umrüstung auf eine intelligente, PV-betriebene Straßenbeleuchtung und Smart Poles noch am Anfang.

ABBILDUNG 3:
Raumwärmebedarf, Prozesswärmebedarf und regenerative Wärmequellen inklusive Wärmenetze für die Region Bonn-Rhein-Sieg basierend auf dem LANUK-Wärmekataster [52]



Anzahl der Ladepunkte für E-Fahrzeuge

Ein Parameter, den die Bitkom-Studie [4] für die Elektrifizierung der urbanen Mobilität verwendet, ist der Pro-Kopf-Anteil an E-Fahrzeugen und Ladesäulen. Laut Studie vervierfachte sich der Anteil an E-Fahrzeugen in den letzten vier Jahren in den Großstädten auf 3,2 % der Fahrzeuge, während sich die Anzahl der Ladepunkte im selben Zeitraum auf 1,46 Ladepunkte pro 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner verdreifachte.

In Bonn gab es zu Beginn des Jahres 2025 9.215 registrierte E-Fahrzeuge, womit der Anteil an E-Fahrzeugen mit 5,2 Prozent [53] deutlich darüber liegt. Die Stadt selbst betreibt 17 E-Fahrzeuge. Im August 2025 wurde öffentlichkeitswirksam der 555. öffentliche Ladepunkt eingeweiht [54]. Auch hier liegt Bonn mit 1,63 Ladepunkten pro 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner über dem Durchschnittswert der Bitkom-Studie. Die Standorte stehen als interaktive, digitale Karte zur Verfügung [55].

Auch im Rhein-Sieg-Kreis fördern Städte und Gemeinden den Ausbau der Ladeinfrastruktur. Troisdorf fördert den Ausbau der Ladeinfrastruktur und E-Mobilität im Rahmen des Smart-City-Konzepts. Die Stadt hat ihren Fuhrpark vollständig auf E-Fahrzeuge umgestellt [56] und es gab dort 108 öffentliche Ladepunkte, die mit regenerativem Strom betrieben werden. Damit gibt es dort 1,42 Ladepunkte pro 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner. Trotz dieser positiven Entwicklung beim Ausbau der Ladeinfrastruktur im städtischen Umfeld sind weitere Anstrengungen für eine flächendeckende Versorgung mit Infrastruktur notwendig. Wissenschaftlich gesehen wäre eine regional übergreifende Standortoptimierung der Ladeinfrastruktur mithilfe moderner Algorithmen auf Basis digitaler Daten zu Netzinfrastruktur und Mobilitätsverhalten möglich, wie eine Studie der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg bereits aus dem Jahr 2017 zeigt [57]. Dies scheitert aber noch immer an der mangelnden Verfügbarkeit einer solchen Datenbasis.

Anteil emissionsreduzierender Antriebstechnologien bei öffentlichen Bussen

Ein weiterer Parameter, den die Bitkom-Studie für die Elektrifizierung der urbanen Mobilität verwendet, ist die Umstellung des ÖPNV auf alternative Antriebskonzepte. Laut Studie sind inzwischen in deutschen Großstädten 32 % der Busse mit emissi-



onsmindernden Antriebskonzepten ausgestattet. Davon besitzt der größte Teil einen Hybridantrieb (45 %) oder einen Elektroantrieb (43 %). Insgesamt betreiben die Stadtwerke Bonn rund 200 Busse, darunter waren 2023 54 Mild-Hybrid-Busse und sieben Elektrobusse [58], 2024 wurden 10 weitere Elektrobusse angeschafft. Ziel der Stadtwerke Bonn ist eine komplette Elektrifizierung der Busflotte bis 2035. Die Rhein-Sieg-Verkehrsgesellschaft erhöhte ebenfalls den Anteil elektrischer Antriebe und betreibt seit dem letzten Jahr sechs Elektrobusse [59], was allerdings nur 3 % der Busflotte entspricht.

Anhand der vorgestellten Parameter ist eine Zunahme elektrischer Verbraucher im Verkehrssektor zu erwarten. Hinzu kommen weitere elektrische Verbraucher durch die Elektrifizierung der Wärmeversorgung. Daten für die sich verändernden elek-



trischen Verbrauchsstrukturen sind wichtig für eine effiziente und resiliente Planung und Steuerung der urbanen Strominfrastruktur. Die Digitalisierung der Messsysteme ist essenziell für eine sichere und effiziente Energieversorgung. Die Einführung von modernen Strommessgeräten wie Smart Meter läuft allerdings nur schleppend. Eine vollständige Ausstattung der elektrischen Verbraucher ist für die Stadtwerke Bonn bis Ende 2032 geplant.

Generell unterscheidet man zwischen modernen Messeinrichtungen (mME) und intelligenten Messsystemen (iMSys). Unter mME versteht man digitale Zähler, die den Verbrauch

über mindestens zwei Jahre rückwirkend lokal speichern können. Von einem iMSys, das Messwerte aus der Ferne erfassen kann, spricht man in Verbindung mit einem Smart-Meter-Gateway. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass Verbraucher und Erzeuger netzdienlich gesteuert werden können, um eine sichere und effiziente Energieversorgung zu gewährleisten. Die Stadt Troisdorf möchte im Rahmen ihrer Smart-City-Strategie intelligente Managementsysteme zur Optimierung des Energie- und Wärmeverbrauchs in Quartieren fördern. Hierzu sollen interne (Photovoltaik, Wärmepumpen, Batteriespeicher) und externe (Fernwärme) Energiewandler und -speicher vernetzt werden [60].

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Der Umbau in der Energiewirtschaft ist weiterhin allgegenwärtig. Auch für die Unternehmen in der Region bietet sich die Möglichkeit, sich hier aktiv zu beteiligen, z.B. als Produzent erneuerbarer Energien, als Lieferant von Prozesswärme, oder durch Umstellung auf moderne Energieträger. So sind in Bonn z.B. mehrere Unternehmen an das Wärmenetz der SWB (Stadtwerke Bonn) angeschlossen. Auch für das Handwerk ergeben sich durch den Bedarf an Fachkräften für die Umsetzung der Energiewende neue Chancen. Hier empfiehlt sich ein Dialog zwischen Politik und Unternehmen bzw. Branchenverbänden, um langfristige Ausbauziele gemeinsam zu erreichen. Dies schafft Planbarkeit auf allen Seiten.

Durch den steigenden Anteil regenerativer Erzeuger muss die Integration und intelligente Steuerung dezentraler und regionaler Speicher bei der Entwicklung von Energiestrategien von Anfang an mitgedacht werden. Die intelligente Energieinfrastruktur in einer Smart-Region setzt allerdings voraus, dass die Netzstruktur als „Digitaler Zwilling“ vorliegt und aktuelle Daten der regenerativen Energieerzeugung und des Energieverbrauchs über Smart-Meter flächendeckend verfügbar sind. Beides ist die Voraussetzung für eine optimierte Planung und Transformation der Infrastruktur und für einen effizienten und sicheren Betrieb.

Der Umbau der urbanen Energieversorgung hin zu 100% Erneuerbaren geht einher mit einer starken wetterbedingten Variabilität der Energieerzeugung. Dies ist auch für die produzierenden Unternehmen in der Region relevant. Die korrekte Prognose der Er-

zeugung ist für ein effizientes Energiemanagement und einen sicheren Netzbetrieb unabdingbar [61]. Wetterprognosen können hier einen wichtigen Beitrag leisten [62], benötigen aber präzise Daten zur Verteilung und Ausrichtung der betriebenen Anlagen, sowie Daten zu Eigenverbrauch und tatsächlicher Einspeisung der Anlage ins Netz. Gleichzeitig können Erzeugungsdaten als Stützstellen für die Wettervorhersage dienen [63].

Das Verhalten der Verbraucher und die Lastentwicklung durch Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Energiespeicher beeinflussen die Lastkurve. Der gemeinsame Betrieb dieser Systeme mit erneuerbaren Energien erfordert effiziente und gekoppelte Prognose- und Modellierungsinstrumente. Das große Potenzial der Energieinformatik und Digitalisierung muss jedoch von der Energiebranche noch voll ausgeschöpft werden. Hier herrscht auch für die Unternehmen in der Region die Möglichkeit, sich aktiv an der Energiewende zu beteiligen, z.B. als Nutzer oder Provider intelligenter industrieller Energieoptimierung oder als Anbieter von Smart-Grid- oder Smart-Home-Lösungen. Verbesserte Daten und Digitalisierung fördern die Modellierung komplexer Prozesse wie das Zusammenspiel von Erzeugern und Verbrauchern in gekoppelten Strom-, Gas- und Wärmenetzen. Die große Anzahl wetterabhängiger Generatoren und Lasten erfordert skalierbare, standardisierte und automatisierte Prozesse, die von energiemeteorologischen Informationen erheblich profitieren könnten. Es existieren sowohl physikalische als auch KI-basierte Methoden inklusive großer Datensätze. Diese sollten sowohl in der Energiesystemplanung als auch im Verteilnetzbetrieb eingesetzt werden.



UMWELT

Die Erfassung und Auswertung von Umweltdaten spielt eine zentrale Rolle in modernen Smart-Region-Strategien, da sie entscheidend dazu beiträgt, Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft auf zukünftige Herausforderungen der Stadtentwicklung und der Risikoprävention durch klimawandelinduzierte Gefahrenlagen vorzubereiten. So betreffen z.B. extreme Wetterereignisse wie Starkregen, Überflutungen, Hitzewellen oder Dürreperioden sowohl urbane Zentren wie Bonn als auch die mehr ländlich geprägten Regionen des Rhein-Sieg-Kreises. Hinzu kommen Belastungen durch Luft- und Wasserverschmutzung, die direkte Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung und die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft haben. Umweltdaten bieten hier eine verlässliche Grundlage, um Risiken frühzeitig zu erkennen, präventive

Maßnahmen einzuleiten und die Stadt- und Regionalplanung zukunftssicher auszurichten. Niederschlags- und Pegeldaten ermöglichen beispielsweise frühzeitige Warnungen bei Hochwasserereignissen, während Temperatur- und Luftqualitätsmessungen die Entwicklung klimaresilienter Quartiere unterstützen. Wirtschaftszweige mit einer direkten Abhängigkeit von Umweltdaten, wie z.B. die Forst-, Agrar- und Ernährungswirtschaft, inklusive ihrer vor- und nachgelagerten Unternehmen, profitieren in ausgeprägtem Maße von einer funktionierenden digitalen Umweltdateninfrastruktur. Aber auch weniger „umweltdatenaffine“ Industriezweige können u.a. hinsichtlich ihrer Standortentscheidung, ihrer logistischen Entscheidungsprozesse bis hin zur Akquise von Fachkräften von Umweltdaten profitieren.

DIE REGION BONN/RHEIN-SIEG

Im Bitkom Smart-City-Index werden für den Index Umweltmonitoring die Parameter Luftqualität, Wasserqualität, Bodenfeuchte und Umweltereignisse bewertet. In der vorliegenden Studie geben 95 % der Städte an, dass sie Umweltmonitoring mit intelligenten Sensoren betreiben. Grundsätzlich lassen sich dabei verschiedene Kategorien von Umweltdaten unterscheiden: Luftdaten wie Feinstaub, Stickoxide, CO₂ oder Ozonbelastung; Wasser- und Niederschlagsdaten wie Grundwasserpegel und Wasserqualität sowie Bodendaten u.a. zum Feuchtigkeitsgehalt als Indikator für Dürreschäden an der grünen Infrastruktur. Ergänzt werden lokale Sensordaten durch z.T. überregional bereitgestellte Umweltdaten wie z.B. Satellitenbilder, Fernerkundungsdaten, Drohnen-/Flugaufnahmen oder Kartierungen. Viele dieser Umweltdaten sind frei verfü-

bar [64] und können ergänzend zu den lokal erhobenen Daten in eine Smart-Region-Strategie eingebunden werden. Die sehr gute Verfügbarkeit umweltrelevanter Daten sowie die rasante Entwicklung moderner Sensorik und mobiler Messsysteme in der Region [65] bilden eine hervorragende Datenbasis für diverse Anwendungsmöglichkeiten.

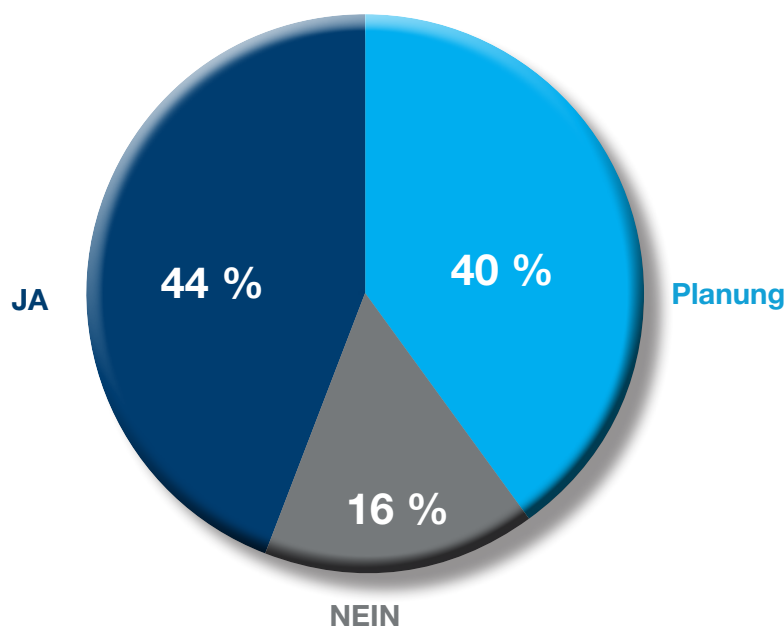
In Bonn werden bereits zahlreiche dieser Daten genutzt. Über das städtische Open-Data-Portal stehen Klimadaten, Luftqualitätsmessungen und Geoinformationen zur Verfügung. LoRaWAN-Gateways ermöglichen die Erfassung von Echtzeit-Sensordaten, beispielsweise zur Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder zur Bodenfeuchte an ausgesuchten Stadtbäumen. Im Klimakompass-Dashboard der Urban Data Plattform (UDP) sind ak-



tuelle Daten zu Energie und Treibhausgasen sowie Klima und Wetter abrufbar [66]. Weitere Umwelt und Klimadaten werden z.B. über das Bonner Geoportal bereitgestellt [67]. Auch im Rhein-Sieg-Kreis engagieren sich mehrere Städte in den Bereichen Klima und Umweltmonitoring. So ist es z.B. das Ziel der Stadt Troisdorf, die Smart-City- und Klimaschutzstrategie miteinander zu verbinden. So soll u.a. ein Klimadashboard [68] den aktuellen Fortschritt auf dem Weg zur Klimaneutralität datenbasiert visualisieren und die Bürgerinnen und Bürger nicht nur informieren, sondern auch motivieren, sich für Klimaanpassungsmaßnahmen einzusetzen. Herausforderungen im Handlungsfeld Umwelt und Klima liegen in Siegburg vor allem in der Bewahrung des hohen Anteils von Grün- und Freiraumflächen. Diesen Flächen wird ein großes Potenzial eingeräumt, die Region lebenswert und wettbewerbsfähig zu machen, wenn zuverlässige Daten über den Zustand und die Potenziale von Orten und Objekten genutzt werden können [69].

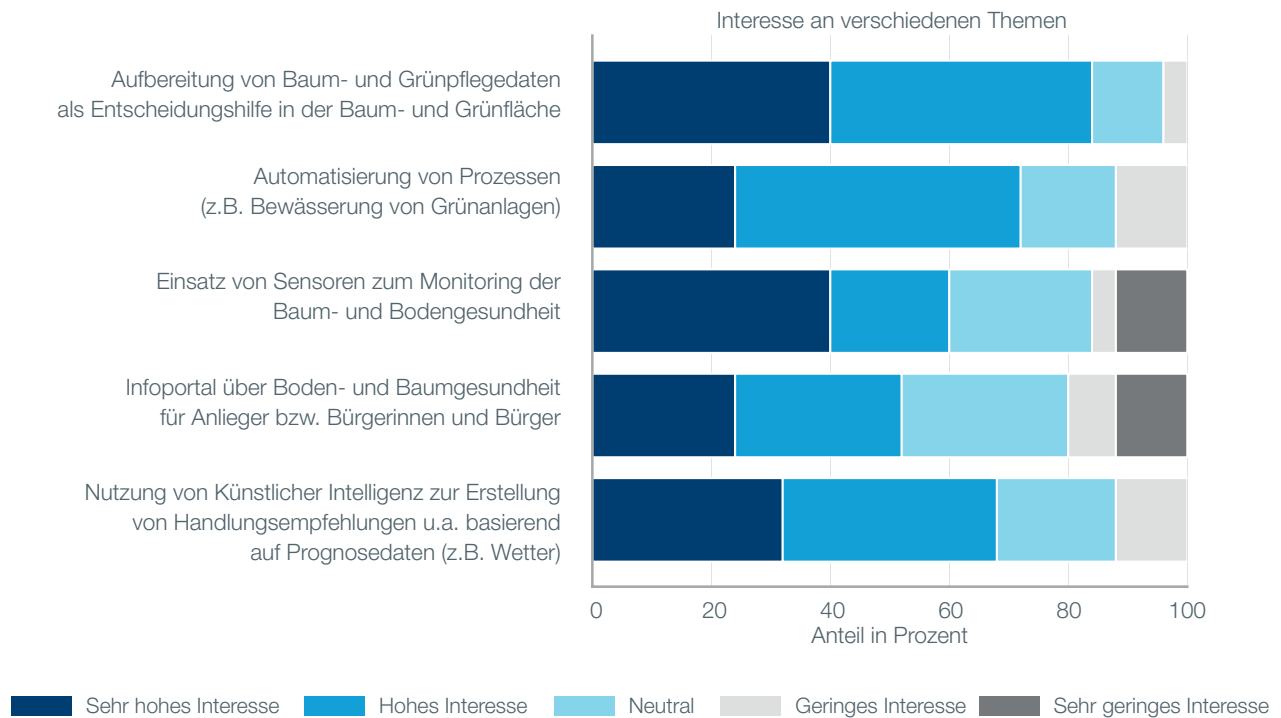
In dem vom Land NRW und der EU finanzierten Projekt „Eco-Twin“ entwickelt die H-BRS gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft und Verwaltung einen Digitalen Zwilling urbaner Grünflächen, in dem diverse Umweltdaten genutzt werden sollen [70]. Ziel ist es, Umwelt- und Grünflächenämter bei einem nachhaltigen Flächenmanagement durch einen digitalen Zwilling zu unterstützen und datenbasierte sowie standortangepasste Maßnahmen bereitzustellen. Moderne Sensoren und KI-Technologien helfen dabei, Umweltinformationen zu bündeln und sinnvoll aufzubereiten. Im Rahmen des o.g. Projektes sehen in einer aktuellen Umfrage (N = 25) 92 % der befragten Städte und Kommunen einen Mehrwert in einer optimierten Digitalisierung von Umweltdaten, insbesondere in der Pflege und Planung der „Grünen Infrastruktur“ als Grundlage für eine klimaresiliente Stadtentwicklung.

ABBILDUNG 4: Einsatz digitaler Verfahren im Grünflächenmanagement.



Insgesamt 44 % der befragten Städte und Kommunen in Bonn/Rhein-Sieg nutzen bereits digitale Verfahren im Grünflächenmanagement und 40 % sind in der Planungsphase zur Digitalisierung von Umweltdaten (siehe Abbildung 4). Neben der Nutzung von Baumkatastern werden z.B. der Einsatz von Bodenfeuchtesensoren und intelligente Bewässerungssysteme genannt. Auch wenn 16 % der Befragten noch keine digitalen

Verfahren im Grünflächenmanagement nutzen bzw. planen, so besteht doch eine sehr hohe bis hohe Interesse (siehe Abbildung 5 auf der folgenden Seite) an der Aufbereitung von Umweltdaten (84 %), der Automatisierung von Prozessen (72 %), dem Einsatz von Sensoren (60 %) bis hin zur Nutzung von Künstlicher Intelligenz u.a. zur Erstellung von Handlungsempfehlungen basierend auf Prognosedaten (68 %).

ABBILDUNG 5: Interesse an der Digitalisierung von Umweltdaten.

Von einer umfassenden Smart-Region-Strategie im Bereich Umweltdatenerhebung profitieren somit drei Zielgruppen in besonderem Maße: die Wirtschaft, die Verwaltung und die Gesellschaft. Wirtschaftsunternehmen können durch Umwelt- und Klimadaten bessere Standortentscheidungen treffen und Produktionsrisiken minimieren. Für die Verwaltung sind Umweltdaten eine unverzichtbare Grundlage, um klimaresiliente Stadt- und Regionalplanung voranzutreiben, Hochwasser- und Hitzeschutzmaßnahmen zu entwickeln und das Krisenmanagement effektiver zu

gestalten. Open-Data-Initiativen stärken zudem die Transparenz und Kooperation mit Forschung und Wirtschaft und fördern eine agile Start-up-Umgebung in der Region. Die Gesellschaft wiederum profitiert durch eine verbesserte Lebensqualität, sei es durch saubere Luft, kühlere Stadtquartiere oder ein geringeres Hochwasserrisiko. Eine klimaresiliente und lebenswerte Stadt spielt darüber hinaus eine zunehmend wichtige Rolle bei der Anwerbung und Bindung von Fachkräften, besonders im Wettbewerb um hochqualifizierte Arbeitskräfte.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Um den Nutzen von Umweltdaten weiter auszubauen, ist es für die Wirtschaft entscheidend, Plattformen für die Kooperation zwischen Unternehmen, Verwaltung und Forschung auszubauen, Start-ups im Bereich Umwelttechnologien zu fördern und Anreizsysteme zu schaffen, die eine aktive Beteiligung an der Datenerhebung und Auswertung belohnen. Die Verwaltungen der Städte und Kommunen sollten eine zentrale regionale Datenplattform für Bonn und den Rhein-Sieg-Kreis aufbauen. Insellösungen einzelner Städte können zwar eine Vorreiterfunktion übernehmen, sind langfristig aber selten nachhaltig. Generell können Umweltdaten konsequent in Planungsprozesse integriert werden und die Finanzierung über Projektphasen hinaus langfristig sichern. Für eine breite gesellschaftliche Akzeptanz im Zuge einer digitalen Transformation sollte die Bürgerbeteiligung fester Bestandteil der Weiterentwick-

lung sein. Ziel sollte es sein, die Kommunikation über Umweltrisiken transparent zu gestalten und digitale Bildung zu fördern, damit die Bürgerinnen und Bürger Daten verstehen und für ihr eigenes Handeln nutzen können.

Insgesamt zeigt sich, dass Bonn und der Rhein-Sieg-Kreis, ergänzt durch Daten, die auf Landesebene bereitgestellt werden, bereits über eine breite Basis im Bereich Umweltdatenerfassung und digitale Infrastruktur verfügen und diese im Rahmen der jeweiligen Smart-Region-Strategien kontinuierlich ausbauen. Entscheidend für die gesamte Region wird sein, vorhandene Datenquellen stärker zu integrieren, Wirtschaft und Gesellschaft enger einzubinden und den Nutzen für nachhaltiges Wachstum, Klimaresilienz und Lebensqualität sichtbar zu machen.

IT UND KOMMUNIKATION



Der systematische Ausbau von IT und Kommunikationsinfrastruktur bildet den Kern einer „Smart-Region“ und „Smart-City“. Diese Aufgabe weist verschiedene Facetten auf, die im Rahmen einer umfassenden Digitalisierungsstrategie gebündelt werden sollten. Sie ist Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen gleichermaßen. Das derzeitige Aufkommen generativer künstlicher Intelligenz verleiht diesem Aspekt immensen Nachdruck. Im Rahmen dieser Studie werden ausgewählte Aspekte der IT und Kommunikation betrachtet, die als Basis für Anwendungen (auch solche mit KI) dienen können. Zunächst werden moderne Konzepte der Breitbandkommunikation eingeführt und der derzeitige Ausbaustatus in der Region aufgearbeitet. Anschließend erfolgt eine Beschreibung typischer Architekturen im Bereich einer Smart-City, um Daten zu erfassen, zu übertragen und bereitzustellen. Die Anwendungen, die sich aus diesen Daten ergeben, werden in einem weiteren Unterkapitel adressiert.

BREITBANDKOMMUNIKATION MIT 5G UND GLASFASER

Digitalisierung bedeutet immer die Vernetzung von Systemen. Moderne Anwendungen stellen dabei zunehmend höhere Anforderungen an die Leistung des Übertragungssystems. Durch Anwendungen wie Videoübertragungen, Cloud-Dienste und das Internet der Dinge steigt die prognostizierte Datenmenge weiterhin exponentiell an [71]. Klassische Leistungsmerkmale von Kommunikationstechnologien sind die Datenrate („Wie viele einzelne Dateneinheiten können pro Sekunde übertragen werden“) und die Latenz („Wie lange dauert es,

bis eine einzelne Dateneinheit beim Empfänger ankommt“). Glasfasernetze ermöglichen symmetrische Übertragungsraten von mehreren Hundert Gbit/s auch auf langen Entfernungen bei gleichzeitig geringen Latenzen und sind damit die einzige Technologie, die diese zukunftssicheren Leistungswerte bietet. Kupferkabel (DSL), Koaxialkabel (Kabel TV) und Mobilfunk können diese Werte nicht erreichen. Kupfer eignet sich aufgrund seiner Materialeigenschaften nicht, bei Koaxialkabeln ist meist die Topologie das Problem, da das Netz auf gemeinsamen TV-Empfang und nicht auf individuelle Internetverbindungen ausgelegt ist. Bei Breitbandkommunikation über Mobilfunk (und auch über Satelliten) sind ausreichend freie Frequenzbänder erforderlich. Diese Frequenzbänder finden sich bei hohen Frequenzen (sogenannte mmWave), die jedoch ungünstige Eigenschaften hinsichtlich Reichweite und Durchdringung von Materialien besitzen. Somit sind deutlich mehr Mobilfunksendeanlagen nötig, um eine flächendeckende Breitbandkommunikation über 5G zu erreichen.

Beim Glasfaserausbau unterscheidet man verschiedene Ausbaustufen. Angestrebt ist FTTH (Fiber-to-the-home), also eine durchgehende Glasfaserverbindung bis in das Haus, die Wohnung oder den Betrieb. Bei dieser Art des Ausbaus sind die oben genannten Leistungswerte erreichbar. Bei FTTB (Fiber-to-the-building) endet die Glasfaser bspw. im Keller und wird dort auf Kupfer oder Koaxialkabel umgesetzt, und bei FTTC (Fiber-to-the-curb) endet die Glasfaser am Bordstein bzw. an der Straßenkreuzung, ebenfalls mit einer entsprechenden Umsetzung.

Worin besteht die Herausforderung beim flächendeckenden Glasfaserausbau? Die Kosten für die benötigten Lichtwellenleiter und den anschließenden Betrieb sind gering. Der Hauptkostentreiber sind die erforderlichen Tiefbauarbeiten, die minimiert werden sollten. Gängige Ansätze sind die Nutzung vorhandener oberirdischer Strukturen, das Trenching Verfahren (ein schmaler Schlitz in Asphalt oder Gehwegen), die Mitbenutzung bestehender Infrastrukturen wie Abwasserkanäle oder Stromnetze sowie die verbindliche Forderung zur Verlegung von Leerrohren bei Tiefbauarbeiten. Für die Bewohner einer Stadt wirkt es besonders skurril, wenn eine Straße innerhalb kurzer Zeit mehrfach durch verschiedene Infrastrukturarbeiten aufgerissen wird. Beim Ausbau wird insbesondere zwischen den Kosten unterschieden, die entstehen, um die Glasfaser bis an ein Gebäude heranzuführen („home pas-

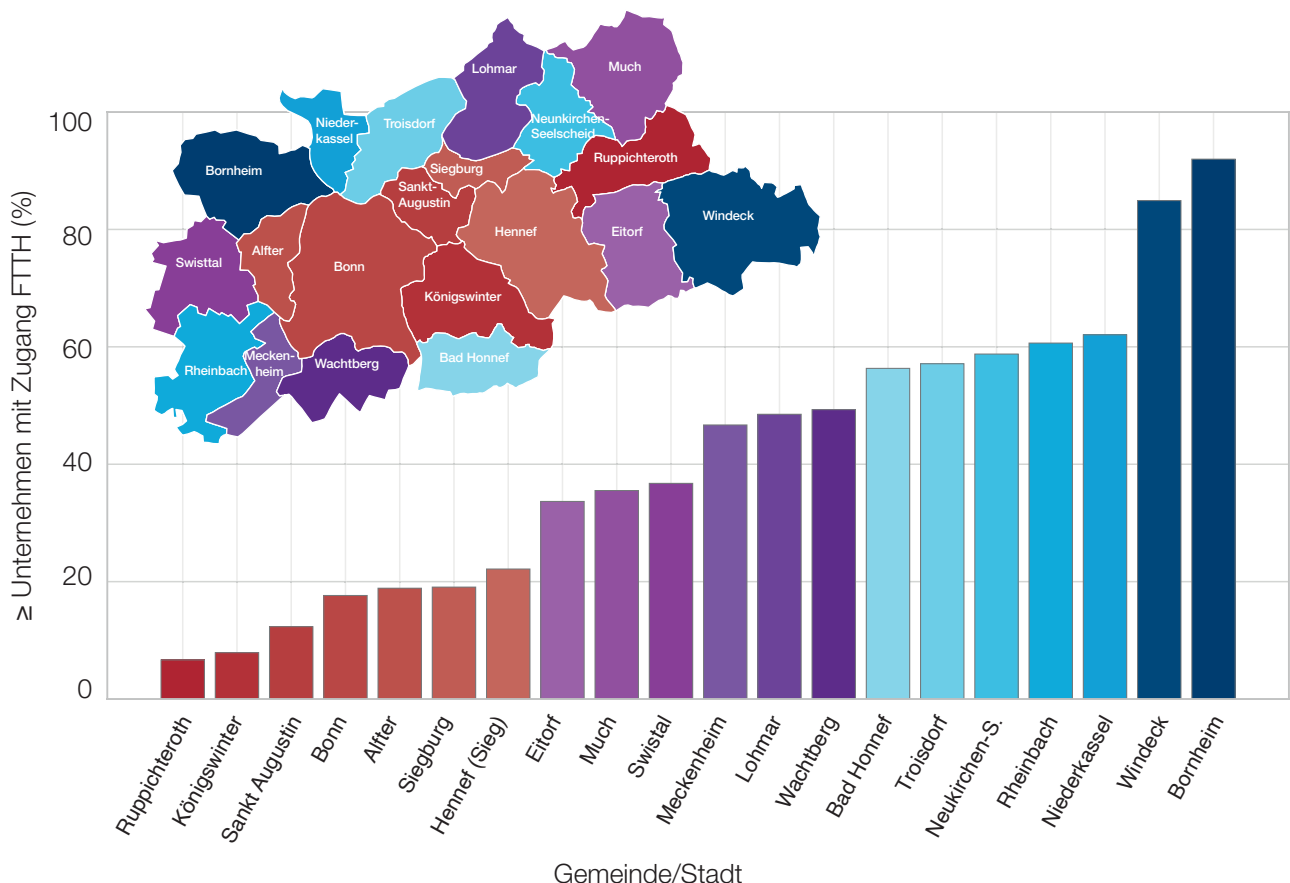
sed“), und den Kosten, ein Gebäude tatsächlich anzuschließen („home connected“). Die Kosten für „home passed“ sind dabei im urbanen Raum bei steigender Bevölkerungsdichte deutlich geringer als im ländlichen Raum.

Neben technischen Herausforderungen spielen Marktmechanismen eine entscheidende Rolle. Vorhandene Infrastruktur (Kupfer, Koaxial) möglichst lange zu nutzen, ist für Internetanbieter besonders profitabel, insbesondere wenn im Privatkundensegment die Preissensitivität hoch ist und den Bedarf an zusätzlicher Leistung überlagert. Davon betroffen sind insbesondere Unternehmen. Hier besteht Bedarf an hohen symmetrischen Bandbreiten, jedoch ist ein dedizierter Ausbau nur für einzelne Unternehmen häufig nicht rentabel umsetzbar.

DIE REGION BONN/RHEIN-SIEG

Umfassende Daten zum derzeitigen Breitbandausbau finden sich im „Gigabit-Grundbuch“ der Bundesnetzagentur [72], so auch für die Region Bonn/Rhein-Sieg. Wie oben beschrieben, ist insbesondere die Verlegung einer Glasfaser möglichst nah an die Nutzenden erstrebenswert (FTTH oder FTTB). Betrachtet man die Statistik [72] für die Unternehmen der Region, zeigt sich ein sehr diverses Bild, welches Abbildung 6 visualisiert.

ABBILDUNG 6: Glasfaserzugang (FTTH und FTTB) für Unternehmen in der Region Bonn/Rhein-Sieg.





Es zeigt sich ein immenses Ausbaupotenzial, um Unternehmen Zugang zum Glasfasernetz zu ermöglichen. Überraschenderweise gilt dies auch für das Stadtgebiet Bonn, wo nur 18 % der Unternehmen die Möglichkeit für einen Glasfaseranschluss haben. Dies liegt deutlich unterhalb des Landesdurchschnitts für die dieselbige Möglichkeit mit 44 % und des Bundesdurchschnitts mit 43 %. Die Ursachen sind komplex. Ob es sich hier ausschließlich um ein Angebotsproblem oder auch um ein Nachfrageproblem handelt, ist derzeit nicht belastbar erhoben.

Auch für den Bereich der Mobilfunkkommunikation liefert das „Gigabit-Grundbuch“ der Bundesnetzagentur [73] Daten für die Region. Auf den ersten Blick sind die Daten hier äußerst positiv. Für die Stadt Bonn findet sich eine 5G-Verfügbarkeit

von nahezu 100 % und für den Rhein-Sieg-Kreis von 96 %. Somit liegt die Vermutung nahe, dass das schnelle 5G-Netz bereits erfolgreich ausgebaut ist und Datenraten von mehreren Hundert Mbit/s auch mobil oder als Ersatz für Glasfaseranschlüsse zur Verfügung stehen. Es lohnt sich jedoch, ein Blick in die Details zu werfen. Für eine Versorgung mit 5G ist ein Mindestsignalpegel von -109 dBm gefordert, was generell ein sehr schwaches Signal darstellt. Die geforderten Mindestdatenraten liegen zwischen 2 und 5 Mbit/s, was unterhalb aktueller Anforderungen für moderne Applikationen liegt. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass es sich hier um Versorgung im Außenbereich handelt und etwaige Dämpfungen durch Gebäude keine Berücksichtigung finden [74].

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Anzahl an Glasfaseranschlüssen für Unternehmen in Bonn und der Region ist gering. Aus den derzeit vorliegenden Daten geht jedoch nicht hervor, wie viele Unternehmen überhaupt aufgrund ihres Geschäftsmodells den Bedarf für einen solchen Anschluss sehen. Diese Daten sollten für die Region erhoben werden, um zu bewerten, ob eine Problematik besteht. Ein KI-Start-up benötigt solche Anschlüsse typischerweise, eine Kaffeerösterei in der Regel nicht.

Um den Glasfaserausbau zu beschleunigen, sollten Leerrohre, wann immer möglich, mitverlegt werden. Förderungen dafür existieren beim Bund, aber die Beantragung stellt Gebietskörperschaften häufig vor hohe Herausforderungen. Aufgrund der Wichtigkeit lohnt es sich jedoch, dedizierte Verwaltungskompetenzen dafür aufzubauen.

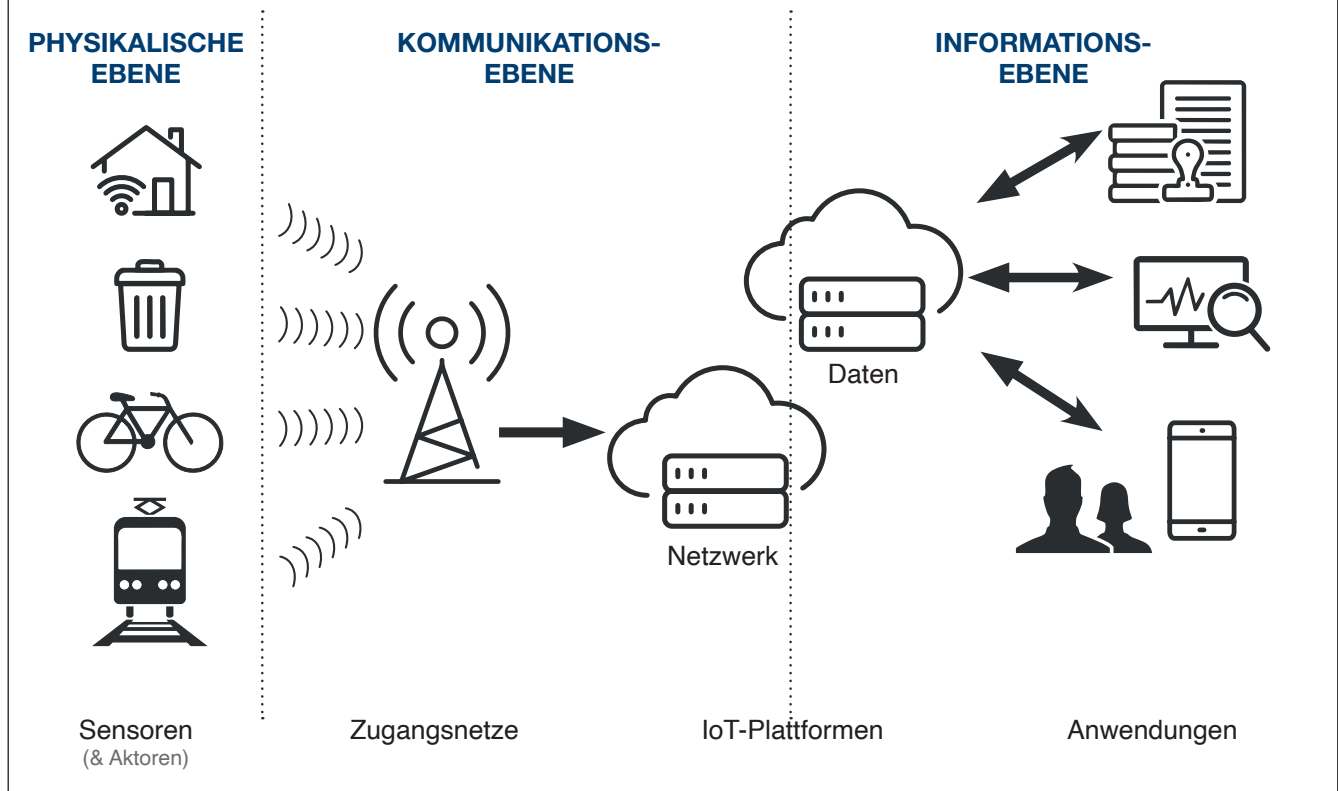
Ebenfalls zentral für eine Region ist es, einen fairen Markt im Breitbandausbau herzustellen. Erfahrungen zeigen, dass allein durch die Präsenz verschiedener Marktteilnehmer der Ausbau beschleunigt wird.

Auch im Bereich Mobilfunk ist es wichtig, die lokale Ausbausituation detailliert zu verstehen. Aggregierte Daten zum Empfang sind verfügbar, diese geben jedoch keine genauen Parameter zur Leistungsfähigkeit wieder. Eine detaillierte Offenlegung durch die Mobilfunkanbieter ist aufgrund von Geschäftsgeheimnissen nicht zu erwarten. Diese Daten müssten also von den Gemeinden und Städten selbst erhoben werden.

DATENARCHITEKTUR UND LPWAN

Die rasante Entwicklung im Bereich des „Internet der Dinge“ bildet die Basis für eine Digitalisierung des öffentlichen Raums. Im Kern handelt es sich dabei um physische Objekte, die mit Sensoren, Rechenleistung und Software ausgestattet sind und über Kommunikationsnetze mit anderen Systemen Informationen austauschen. Für den öffentlichen Raum ist dies in der folgenden Abbildung visualisiert.

ABBILDUNG 7: Schematische Architektur des Internet der Dinge mit Aufteilung in Physikalische, Kommunikations- und Informationsebene [75].



Objekte auf der physikalischen Ebene reichen dabei von Umweltsensoren über Fahrräder und Straßenbahnen bis hin zu Mülleimern. Ermöglicht wird diese Digitalisierung durch den raschen Fortschritt im Bereich der Mikroelektronik und den damit verbundenen Preisfall für die Hardware. Dabei ist eine Vernetzung dieser Systeme über drahtlose Kommunikationsnetzwerke essenziell, um an die Daten innerhalb des Stadtgebiets zu gelangen. Auf der Informationsebene können die Daten an unterschiedliche Anwendungen übermittelt werden. Die Bitkom nennt als Indikator für eine erfolgreiche Smart-City explizit die Verfügbarkeit von LPWAN (Low-Power Wide Area Network) als geeignete Klasse von drahtlosen Kommunikationstechnologien und nutzt hier den Parameter „Anzahl der Gateways pro km²“. LPWAN wie bspw. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) zeichnen sich durch lange Batterielaufzeiten der Geräte, hohe Übertragungreichweiten sowie die Möglichkeit, viele Geräte gleichzeitig zu betreiben, aus. Im Vergleich zur Reichweite von WLAN von nur wenigen hundert

Metern bei freier Sicht erreicht man mit LPWAN typischerweise auch im urbanen Kontext mehrere Kilometer. Dies wurde durch eine Forschungsgruppe an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg für das Stadtgebiet Bonn verifiziert [76].

Für LPWAN existieren derzeit zwei Betreibermodelle: entweder durch große Mobilfunknetzbetreiber oder im Eigenbetrieb. Dies lässt sich analog auf die Frequenznutzung übertragen. Technologien, die vorrangig den Mobilfunknetzbetreibern zuzuordnen sind (NB-IoT, LTE-M, 450 MHz LTE-M), nutzen lizenzierte Frequenzbänder, die Mobilfunkanbietern gegen hohe Investitionskosten exklusiv zugeordnet sind. Auf der einen Seite müssen diese Investitionskosten erwirtschaftet werden, auf der anderen Seite führt die exklusive Zuordnung zu einem Netzbetrieb mit Qualitätsgarantien (wichtig für kritische Dienste). Technologien wie LoRaWAN oder Mioty nutzen unlizenzierte Frequenzbänder, die unter Beachtung bestimmter Regeln (bspw. maxi-



male Zugriffszeit oder maximale Strahlungsleistung) allgemein zugänglich sind. Diese freie Nutzung kann Betriebskosten einsparen und bietet die Möglichkeit, das Funknetz selbstständig zu planen und zu verdichten, ohne auf den Aufbau eines Mobilfunkbetreibers angewiesen zu sein.

Die Leistungsmerkmale der verschiedenen LPWAN unterscheiden sich meist deutlich von klassischem Mobilfunk wie 5G. Hierbei gilt, dass bei niedrigen Funkfrequenzen unterhalb von 1 GHz (bspw. 450 MHz LTE-M oder LoRaWAN) eine deutlich höhere Reichweite und Durchdringung von Strukturen erreicht wird. Dies ist bspw. relevant für Sensorik in Gebäuden wie Smart Metering, Parkraum oder Umweltmonitoring. Bei niedrigen Frequenzen steht jedoch nur sehr begrenzt Bandbreite zur Verfügung, was den Durchsatz und die Skalierbarkeit

stark einschränkt. So erreicht man bei LoRaWAN Datenraten, die sich nur für periodische Statusinformationen eignen, aber nicht für Ton, Bilder oder sogar Videos.

In vielen Städten und Regionen stehen Angebote der Mobilfunknetzbetreiber und lokale Netzwerke, bspw. mit LoRaWAN, parallel zur Verfügung. Für Letztere wird ein Eigenbetrieb oder die Nutzung eines Community Ansatzes wie bei „The Things Network“ notwendig. Bei einem Eigenbetrieb, bspw. durch Unternehmen der Daseinsvorsorge, entstehen häufig neue Herausforderungen in der Funknetzplanung oder in der Gewährleistung von IT-Sicherheit. Hier fehlt es an Fachkräften. Bei einem Community Ansatz stellen Privatpersonen oder Unternehmen ein lokales Gateway auf, ohne jegliche Garantien für eine Verfügbarkeit.

DIE REGION BONN/RHEIN-SIEG

Zur Verfügbarkeit von lizenziertem LPWAN von Mobilfunknetzbetreibern (NB-IoT, LTE-M) in der Region Bonn/Rhein-Sieg existieren keine konsolidierten Datenquellen. Eine Abfrage bei den großen Netzbetreibern (Deutsche Telekom, Vodafone und O2) zeigt jedoch eine gute Ausbaustufe mit vereinzelt Lücken. Für das 450 MHz LTE-M Netz der 450connect existieren keine öffentlichen Daten. Durch die Autoren dieser Studie durchgeführte Messungen zeigen im Stadtgebiet Bonn jedoch deutliches Ausbaupotenzial, insbesondere bei der Versorgung innerhalb von Gebäuden [77].

Für die Verfügbarkeit von LoRaWAN muss zwischen dem Community Ansatz („The Things Network“) und dem Eigenbetrieb durch Stadtwerke oder Unternehmen unterschieden werden. Für den Community Ansatz existieren Daten für die Region. Für den Eigenbetrieb existieren solche Karten nicht. So betreiben bspw. die Stadtwerke Bonn ein eigenes LoRaWAN-Netz mit, laut eigenen Angaben, mehreren Tausend Sensoren [78]. Diese Sensoren erheben Daten bspw. aus den Bereichen Photovoltaik (PV), Fernwärme, Parkraummanagement und Wetterdaten. Für lokale Unternehmen wurde ein Angebot geschaffen, um individuelle Use Cases in diesem Netz zu realisieren.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Wie können Daten aus dem öffentlichen Raum erhoben und bereitgestellt werden, um für Unternehmen aus der Region einen Mehrwert zu schaffen?

Die derzeitige Datenerhebung konzentriert sich insbesondere auf die Digitalisierung der Daseinsvorsorge. Ein sehr wichtiges Thema, jedoch nur als weicher Standortfaktor für die Unternehmen in der Region interessant. Zur Ableitung von direkten Geschäftsmodellen bedarf es eines Dialogs mit den lokalen Unternehmen. Existieren Daten, die von besonderem Interes-

se sind, derzeit jedoch nicht verfügbar sind? Unabhängig vom Betreibermodell des Netzwerks bedarf es einer Koordination zwischen Gebietskörperschaften und Unternehmen, da die eigenständige Ausbringung von Sensorik im öffentlichen Raum durch private Unternehmen einen immensen regulatorischen Aufwand darstellt. Community Ansätze wie The Things Network eignen sich sehr gut zur Projektierung. Ohne größere Investitionen in Infrastruktur können auch Unternehmen Dinge ausprobieren, was einen Ausbau in der Region als wünschenswert erscheinen lässt.

INTERAKTIVE DATEN UND ANWENDUNGEN

Ein zentrales Element einer Smart-Region ist der strukturierte Umgang mit Daten. Das Ziel besteht darin, Informationen aus Infrastruktur, Umwelt, Verwaltung und Gesellschaft so aufzubereiten, dass sie datenschutzkonform und zugleich produktiv nutzbar werden. Die Nutzbarkeit sollte dabei insbesondere auch für Unternehmen gewährleistet sein. Nur wenn Daten verständlich bereitgestellt und technisch zugänglich sind, können daraus Anwendungen entstehen, die Mehrwert für Wirtschaft, Verwaltung, Forschung und für die Bevölkerung schaffen.

Zwei zentrale Anwendungen in diesem Bereich, die auch im Bitkom-Index erwähnt werden, sind Geoinformationssysteme und Datenplattformen.

Ein Geoinformationssystem (GIS) ist im Kern ein digitales Werkzeug, das räumliche Informationen sichtbar und verständlich macht. Es verknüpft Kartenlayer mit den geographisch dazugehörigen Daten. So lassen sich beispielsweise Bebauungspläne, Umweltinformationen oder Verkehrsdaten darstellen und auswerten. Ein GIS bildet damit die Grundlage für viele Entscheidungen und für Anwendungen, die Zusammenhänge im Raum sichtbar machen.

Während ein GIS vor allem räumliche Informationen aufbereitet, dienen Datenplattformen als zentrale Anwendungen, an denen unterschiedlichste Informationen gesammelt, verwaltet und geteilt werden. Damit diese Daten nicht nur manuell heruntergeladen, sondern auch automatisch in andere Systeme eingebunden werden können, braucht es Schnittstellen. Solche standardisierten Zugänge werden als APIs (Application Programming Interfaces) bezeichnet. Sie ermöglichen den Austausch zwischen verschiedenen Anwendungen und sind eine wesentliche Voraussetzung für datengetriebene Lösungen. Datenplattformen existieren auf unterschiedlichen Ebenen mit unterschiedlichen Zuständigkeiten.

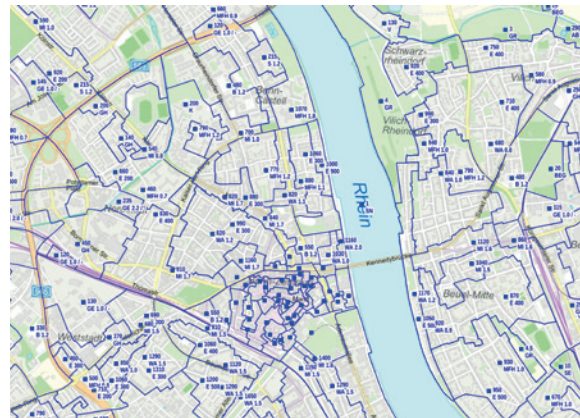
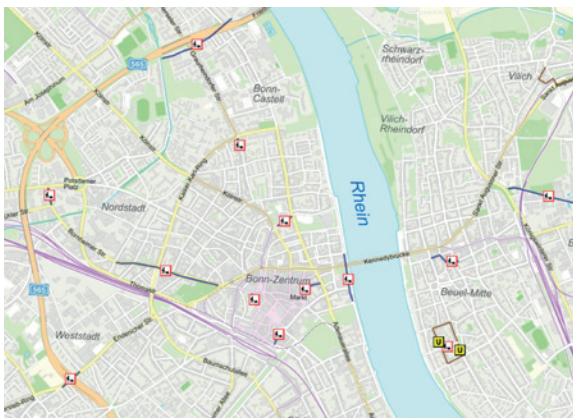
Lokal stellen Städte wie Bonn über Portale offene Verwaltungs- und Geodaten bereit. Regional bündelt beispielsweise das Land Nordrhein-Westfalen Daten über die Plattform „Open.NRW“. Auf nationaler Ebene dient das Portal „GovData“ als zentrale Anlaufstelle für offene Verwaltungsdaten aus ganz Deutschland. Alle Ebenen verfolgen dasselbe Ziel. Daten transparent, offen und wiederverwendbar bereitzustellen, sodass sie für Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft nutzbar sind.

DIE REGION BONN/RHEIN-SIEG

Die Region Bonn/Rhein-Sieg verfügt über eine wachsende Zahl datengetriebener Systeme, deren Reifegrad und technologische Integration sich jedoch deutlich unterscheiden. Die Stadt Bonn setzt mit der Urbanen Datenplattform (UDP) eine Open-Source-Backend-Infrastruktur ein, auf der das Geoportal [79] und

das Open-Data-Portal [80] aufbauen. Das Geoportal erlaubt die Integration eigener Daten, die Kombination verschiedener Themenlayer und die Visualisierung raumbezogener Zusammenhänge. In Abbildung 8 sind Kartenausschnitte aus dem Geoportal der Stadt Bonn zu sehen.

ABBILDUNG 8: Ausschnitte aus dem Geoportal der Stadt Bonn.
Links aktuelle Baustellen, rechts Bodenrichtwerte.



Die UDP stellt zudem Schnittstellen bereit, um Sensordaten, Verwaltungsinformationen und externe Datendienste zu bündeln und über standardisierte APIs nutzbar zu machen. Erste Anwendungsbeispiele finden sich in Smart-City-Dashboards, die Kennzahlen zur Mobilität und Erreichbarkeit visualisieren. Ergänzend werden im Rahmen der Smart-City-Strategie [81] erste KI-basierte Anwendungen wie Chatbots zur Bürgerkommunikation getestet.

Auch im Rhein-Sieg-Kreis sind datengetriebene Systeme etabliert. Das Geoportal des Kreises [82] bietet thematische Kartenebenen zu Umwelt, Bauleitplanung und Topografie und dient als

zentrales Werkzeug für raumbezogene Analysen. In einzelnen Kommunen sind ergänzende Projekte im Aufbau. Troisdorf verfügt über ein Mobilitätsdashboard, Smart-Parking-Systeme und eine Smart-App [83]. Hennef nutzt eine Smart-City-Karte zur Darstellung von Echtzeitdaten aus LoRaWAN-Sensorik. Siegburg, Lohmar und Meckenheim erweitern ihre Geodatenportale um dynamische Layer und API-basierte Datenanbindungen. Viele kleinere Kommunen nutzen das Kommunalportal.NRW als Basissystem. Dies ermöglicht grundsätzlich den Anschluss an übergeordnete Datenplattformen, ist bislang jedoch nur eingeschränkt umgesetzt.

TABELLE 1: Daten und Anwendungen im Bereich Smart-Region in der Region Bonn/Rhein-Sieg

KOMMUNE / AKTEUR	Beispiele für Datenplattformen und Anwendungen
Bonn	Urbane Datenplattform (UDP) als zentrales Integrations-Backend, Geoportal (Masterportal), Open-Data-Portal mit offenen Schnittstellen, Smart-City-Dashboards, Pilotprojekt KI-Chatbot NeuraFlow.
Rhein-Sieg-Kreis	Zentrales Geoportal auf VertiGIS-Basis, thematische Layer zu Planung, Umwelt und Topografie, geplante Integration kommunaler Datenquellen.
Troisdorf	Smart-City-Strategie mit 28 Projekten, Mobilitätsdashboard, Smart-Parking-Systeme, SmartApp, regelmäßige Digitaltage.
Hennef	Digitalisierungskonzept 2024 mit Smart-City-Karte, Einbindung von LoRaWAN-Echtzeitdaten wie Wasserstände und Temperatur.
Siegburg, Lohmar, Meckenheim	Ausbau kommunaler Geoportale mit dynamischen Datenebenen, Integration von Sensorik und Open-Data-Schnittstellen.
Weitere Kommunen	Nutzung des Kommunalportal.NRW, punktuelle Digitalisierungsprojekte wie Open-Data-Ansätze in Rheinbach und Smart-Parking in Swisttal.

Die Analyse zeigt, dass die Region über eine solide technische Basis verfügt, die jedoch fragmentiert ist. Bonn agiert als Motor datengetriebener Stadtentwicklung, während im Kreisgebiet vielfältige, aber meist voneinander isolierte Lösungen be-

stehen. Die technischen Infrastrukturen sind funktional, lassen jedoch die Integration intelligenter KI-Systeme und automatisierter Datenauswertung außer Acht.



HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Untersuchung der aktuellen Digitalisierungsprojekte zeigt, dass Bonn und der Rhein-Sieg-Kreis den Nutzen der Digitalisierung erkannt haben und bereit sind, diese aktiv mitzugestalten. Gleichzeitig wird deutlich, dass die bestehenden Plattformen in ihrer heutigen Form noch nicht vollständig zukunftsfähig sind. Dies ist der schnellen technologischen Entwicklung geschuldet, insbesondere dem rasanten Fortschritt im Bereich der KI, der neue Anforderungen an Dateninfrastrukturen, Schnittstellen und Prozesse stellt. Bestehende Dateninfrastruktur gilt es kritisch zu hinterfragen und zukünftige Anwendungen so zu gestalten, dass sie für den Einsatz von Analyseverfahren mit KI und für die Umsetzung von Automatisierung geeignet sind. Dazu sind verschiedene Maßnahmen nötig.

Ein zentraler Ansatzpunkt liegt in der Vereinheitlichung technischer Schnittstellen. Derzeit existieren unterschiedliche Datenmodelle und Zugriffsprotokolle zwischen kommunalen Plattformen, die den Austausch und die Zusammenarbeit erschweren. Insbesondere eine Integration in Geschäftsmodelle von Unternehmen ist damit fast unmöglich. Um eine nachhaltige Interoperabilität zu erreichen, sollte ein regional abgestimmtes Datenrahmenwerk auf Basis offener Standards genutzt werden. Ein solches Rahmenwerk ermöglicht einen reibungslosen Austausch zwischen Systemen und bildet eine wesentliche Voraussetzung für die Nutzung konsistenter und kontextualisierter Daten für die gesamte Region.

Aufbauend auf der angestrebten Vereinheitlichung der Schnittstellen sollte auch die Art der Datenbereitstellung modernisiert werden. Anstelle statischer Datenfreigaben sind dynamische, kontinuierlich aktualisierte Datendienste anzustreben, die eine fortlaufende Erfassung und Analyse ermöglichen. Gleichzeitig ist eine hohe Datenqualität entscheidend. Einheitliche Metadaten- und Aktualisierungsstandards gewährleisten, dass die bereitgestellten Informationen verlässlich und für den Einsatz von KI-Anwendungen geeignet sind.

Darüber hinaus sollte die Sichtbarkeit und Zugänglichkeit vorhandener Datenplattformen verbessert werden. Ein gemeinsames regionales Daten- und Anwendungsportal, das Datensätze, Schnittstellen und KI-Use-Cases bündelt, kann den Zugang für Gesellschaft, Verwaltung, Wirtschaft und Forschung erleichtern und so die Entwicklung innovativer Anwendungen beschleunigen. Dies gelingt nur, wenn ein Bewusstsein für die Existenz dieser Daten besteht. Dafür muss aktiv geworben werden.

Ergänzend ist zu prüfen, inwieweit bestehende Systeme wie die Urbane Datenplattform oder das Kreis-Geoportal durch KI-Funktionalitäten erweitert werden können. Die Integration von KI-Methoden zur Mustererkennung, Anomaliedetektion oder automatisierten Datenauswertung sollte schrittweise in die regionale Dateninfrastruktur eingebunden werden. Dies erfordert nicht nur technische Anpassungen, sondern auch eine vorausgehende Erkundung aktueller und innovativer Anwendungen.

Ein weiterer Aspekt betrifft den Umgang mit Datenschutz und Datensicherheit. Häufig werden Projekte aus Sorge vor rechtlichen Risiken nicht umgesetzt, sodass Potenzial ungenutzt bleibt. Datenschutz sollte jedoch von Anfang an ein integraler Bestandteil der Systemarchitektur sein und als Qualitätsmerkmal verstanden werden, nicht als Hindernis.

Durch die Öffnung und Standardisierung bestehender Plattformen, den Ausbau von Echtzeitdatenarchitekturen und die gezielte KI-Integration kann die Region Bonn/Rhein-Sieg den Übergang von einer datenbasierten Verwaltung zu einer lernfähigen Smart-Region vollziehen. Sollte dies gelingen, bieten sich Anknüpfungspunkte für moderne Geschäftsmodelle für Unternehmen in der Region. So ist beispielsweise denkbar, dass man mit der Kombination von Mobilitäts- und Wetterdaten verlässliche Prognosen zur Auslastung des Einzelhandels und der Gastronomie erstellt. Umwelt- und Lärmdaten können helfen, Immobilien gezielter zu bewerten.

SMART-REGION ALS GANZHEITLICHE HERAUSFORDERUNG

Der Bitkom „Smart City Index“ wird in den Medien häufig als Maßstab für die erfolgreiche Digitalisierung einer Stadt herangezogen. Dabei werden meist verschiedene Faktoren aus unterschiedlichen Bereichen summiert. Erstmals erweitert diese Studie den Blick in den ausgewählten Bereichen „Gesellschaft und Bildung“, „Energie und Umwelt“ sowie „IT und Kommunikation“ auf die gesamte Region Bonn/Rhein-Sieg. Dabei zeigt sich ein gemischtes Bild: Die Stadt Bonn und die Region haben die Dringlichkeit einer umfassenden Digitalisierung erkannt. Das belegen zahlreiche Einzelprojekte, insbesondere in den Bereichen Bildung und Gesellschaft. Auffällig ist zudem, dass erfolgreiche Digitalisierungsprojekte in der Kommunalpolitik zur Profilbildung genutzt werden. Häufig fehlt diesen Projekten jedoch eine durchdachte Strategie zur dauerhaften Finanzierung.

Evident ist ebenfalls, dass eine Smart-Region nicht als ganzheitliche Herausforderung berücksichtigt wird. Dabei sind zwei Dimensionen besonders entscheidend: die Synchronisierung verschiedener Bedarfsträger sowie die inhaltlichen Abhängigkeiten in den Kernbereichen.

Synchronisierung verschiedener Bedarfsträger: Derzeit fokussieren Smart-Region-Projekte die unmittelbaren Bedarfe der einzelnen Gebietskörperschaften in unterschiedlichen Silos. Für die Unternehmen der Region sind solche Projekte im besten Fall weiche Standortfaktoren. Direkte Geschäftsmodelle werden bislang nicht adressiert. Hier sollte ein Dialog etabliert werden, der die Unternehmen einbindet, damit sie von solchen Projekten direkt profitieren können. Im Falle einer teilweisen Monetarisierung durch die Unternehmen könnte zudem eine bessere und nachhaltigere Finanzierung entstehen. Um weitere Innovationskraft zu nutzen, bietet sich auch eine Zusammenarbeit mit den Forschungseinrichtungen in der Region an. Diese können häufig unbefangener verschiedene Maßnahmen bewerten und sie im kleinen Maßstab erproben.

Inhaltliche Abhängigkeiten in den Kernbereichen: Insbesondere durch die Kategorisierung in der Bitkom-Studie wird deutlich, wie isoliert die Themen Smart-City und Smart-Region

weiterhin behandelt werden. Dabei existieren klare Abhängigkeiten zwischen den Bereichen. Ohne eine durchdachte IT- und Kommunikationsinfrastruktur ist die Digitalisierung in den Feldern Umwelt und Energie kaum möglich. Ohne flächendeckenden Breitbandausbau sind digitale Lehrangebote und eine aktive Start-up-Kultur schwer denkbar. Basisinfrastruktur ist essenziell für erfolgreiche Smart-Region-Projekte: Ein modernes Parksystem und E-Ladesäulen sind nur sinnvoll bei gut ausgebauten Straßen und einer minimierten Baustellendichte. Häufig vergessen wird jedoch die Breite des Themas einer Smart-City. Nicht zuletzt müssen soziale Themen von Beginn an adressiert werden, damit eine Akzeptanz bei allen Akteuren, insbesondere bei den Menschen in der Region, geschaffen werden kann.

In den in dieser Studie betrachteten Kernbereichen digitale Gesellschaft und Bildung, Energie, Umweltdatenerfassung sowie IT und Kommunikation wurden in der Region Bonn/Rhein-Sieg im Sinne einer Smart-Region signifikante Fortschritte in den letzten Jahren erzielt. Dennoch existieren nach wie vor Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf die Zusammenarbeit zwischen relevanten Akteuren wie Gebietskörperschaften, Forschungseinrichtungen und Hochschulen, lokalen Vereinen sowie insbesondere mit Unternehmen.

Im **Bildungsbereich** sind die Schulen zwar technisch gut ausgestattet, jedoch besteht in der Lehrerbildung und in der pädagogischen Unterstützung für digitales Lernen noch Verbesserungspotenzial. Des Weiteren herrscht auf dem lokalen Arbeitsmarkt ein entsprechender Fachkräftemangel im Bereich der digitalen Kompetenzen. Unternehmen fordern vermehrt grundlegende und fortgeschrittene digitale Kompetenzen. Hier kann ein auf die Bedürfnisse der Unternehmen abgestimmtes Weiterbildungsangebot eine entscheidende Rolle spielen.

Im Bereich der **Energie** besteht für die Region die Möglichkeit, durch eine optimierte Integration erneuerbarer Energiequellen und Smart-Grid-Lösungen eine Führungsposition einzunehmen. Allerdings mangelt es an einer einheitlichen Standardisierung sowie an der leichten Zugänglichkeit digitaler Plattformen



und des Datenaustauschs. In der Nutzung von Umweltdaten zeigen sich vielversprechende Potenziale.

Moderne IT- und Kommunikationstechnik bildet das Fundament für eine erfolgreiche Smart-Region. Im Bereich des Glasfaserausbaus zeigen sich insbesondere für Unternehmen Defizite. Hier bedarf es einer Aufarbeitung und einer detaillierten Betrachtung, ob es sich um ein Angebots- oder ein Nachfrageproblem handelt. In der Datenerhebung und Datenauswertung aus dem öffentlichen Raum zeigt sich die Region Bonn/Rhein-Sieg äußerst engagiert, jedoch hochgradig fragmentiert. Die zahlreichen Projekte wirken oft wie Inseln ohne

regionale Zusammenarbeit oder Austausch. Derzeit bleiben die Unternehmen außen vor; wie diese von den erhobenen Daten profitieren können, bleibt unklar. Sollten hier Lösungen gefunden werden, könnten auch die Gebietskörperschaften gegebenenfalls durch neuartige Finanzierungsmodelle profitieren.

Eine zukunftsfähige Smart-Region Bonn/Rhein-Sieg zu schaffen, ist herausfordernd. Es handelt sich um eine Aufgabe, die verschiedene Fachdisziplinen und Akteure umfasst. Ein Schlüssel ist dabei, aus den zahlreichen Inselprojekten eine regionale Strategie zu formen.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] Gassmann, Oliver; Böhm, Jonas; Palmié, Maximilian (2018): *Smart City: Innovationen für die vernetzte Stadt – Geschäftsmodelle und Management*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

[2] Caragliu, Andrea; Del Bo, Chiara (2018): *The economics of smart city policies*. In: *Scienze Regionali* 17(1), S. 81–104.

[3] Manfreda, Anton; Mijač, Tea (2024): *Highlighting gaps in technology acceptance research: A call for integrating happiness and well-being into smart city development*. In: *Journal of Innovation & Knowledge* 9(4), Art. 100585

[4] Bitkom e. V. (2025): *Smart City Index 2025*. Herausgegeben von Bitkom e. V. Verfügbar unter: www.bitkom.org/sites/main/files/2025-09/bitkom-smart-city-index-2025-ergebnisse.pdf

[5] Haselhorst Associates GmbH (2025): *Smart City Ranking – Ergebnisse*. Verfügbar unter: www.haselhorst-smartcity.com/smart-city-ranking/ergebnisse

[6] International Institute for Management Development (IMD) (2025): *Smart City Index 2025*. Verfügbar unter: <https://www.imd.org/smart-city-observatory/home/>

[7] Initiative D21 e. V.; Technische Universität München (2024): *eGovernment MONITOR 2024: Nutzung und Akzeptanz digitaler Verwaltungsleistungen aus Sicht der Bürgerinnen*. Durchgeführt von Kantar. Verfügbar unter: https://initiated21.de/uploads/03_Studien-Publikationen/eGovernment-MONITOR/2024/egovernment_monitor_24.pdf

[8] Fichtner, Gerald (2025): *Interview*. IHK-Bildungszentrum Bonn/Rhein-Sieg gGmbH. Geführt am 29. August 2025.

[9] Stadt Bonn (Hrsg.) (2021): *Strategiepapier Digitale Stadt*. Bonn. Verfügbar unter: <https://www.bonn.de/medien-global/amt-10/Strategie-digitale-Stadt>

[10] Stadt Troisdorf (Hrsg.) (2023): *Smart City Strategie – Strategie für unsere Stadt der Zukunft*. Troisdorf. Verfügbar unter: <https://www.troisdorf.de/de/rathaus-service/digitalisierung/smart-city-strategie/>

[11] Wagner, Fabian (2025): *Interview*. Stadt Troisdorf, Stabsstelle Digitalisierung, Geführt am 26. September 2025.

[12] Stadt Troisdorf (2024, 30. April): *Projekt „Junioren helfen Senioren“ geht in die 2. Runde*. Verfügbar unter: <https://www.troisdorf.de/de/rathaus-service/aktuell/pressemitteilungen/2024/april/projekt-junioren-helfen-senioren-geht-in-die-2-runde/>

[13] Stadt Siegburg (Hrsg.) (2024, Dezember): *Smart City Strategie – Kreisstadt Siegburg: Zukunft gemeinsam gestalten*. Siegburg. Verfügbar unter: <https://www.siegburg.de/medien/nachrichten/2024/dezember/smart-city-strategie.pdf?cid=1orp>. (Zugriff am 17. September 2025)

[14] Stadt Hennef (Hrsg.) (2025, Mai): *Digitalisierungskonzept der Stadt Hennef*. Verfügbar unter: https://www.hennef.de/wp-content/uploads/2025/05/Digitalisierungskonzept_Hennef_2025_final.pdf

[15] Stadt Hennef (Hrsg.) (2025, Juli): *Produkte für eine „Smart City Hennef“*. Verfügbar unter: <https://www.hennef.de/produkte-fuer-eine-smart-city-hennef/>

[16] Stadt Hennef (Hrsg.) (2025): *Digital & Breitband – Stadt Hennef*. Verfügbar unter: <https://www.hennef.de/rathaus/digital/>

[17] Stadt Lohmar (Hrsg.) (2025): *Digitalisierungsstrategie – „Digitales Lohmar 2025“*. Verfügbar unter: <https://www.lohmar.de/unternehmerisches-engagement-bauen-und-wohnen/digitalisierungsstrategie/>

[18] Geschäftsstelle Gigabit.NRW (o. J.): *DigitalPakt Schule 2019–2024*. Verfügbar unter: <https://www.brd.nrw.de/Themen/Kommunales/Geschaeftsstelle-Gigabit-NRW/DigitalPakt-Schule-2019-2024>

[19] Stadt Lohmar (Hrsg.) (o. J.): *Netzwerkstadt – Smart City Lohmar*. Verfügbar unter: <https://www.lohmar.de/unternehmerisches-engagement-bauen-und-wohnen/smart-city-lohmar/netzwerkstadt/>

[20] SchulministeriumNRW (o. J.): *DigitalPakt*. Verfügbar unter: <https://www.schulministerium.nrw/presse/pressemitteilungen/ministerin-gebauter-das-geld-fuer-die-digitalisierung-unserer-schulen-muss>

[21] Medienberatung NRW (Hrsg.) (2022): *Medienentwicklungsplanung NRW: Eine Orientierungshilfe für Schulträger und Schulen*. Düsseldorf. Verfügbar unter: https://www.medienberatung.schulministerium.nrw.de/media/layout/relaunch_2022/pdf/publikation/broschuere_medienentwicklungsplanung_nrw_es_final.pdf

[22] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2021): *Digitalstrategie Schule NRW. Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Umsetzungsstrategie bis 2025*. Düsseldorf. Verfügbar unter: https://www.lernen-digital.nrw/system/files/media/document/file/digitalstrategie_schule_nrw_web.pdf

[23] Logineo NRW (o. J.): LMS. Verfügbar unter: <https://logineonrw-lms.de/>

[24] Rhein-Sieg-Kreis (Hrsg.) (2023, Dezember): *Digitalisierung in Schulen – Presseinformation*. Verfügbar unter: <https://www.rhein-sieg-kreis.de/presseinformationen/dezember/digitalisierung-in-schulen.php>

[25] Medienzentrum Bonn (o. J.): *BONNeum*. Verfügbar unter: <https://medienzentrum.bonn.de/bonneum/index.php>

[26] Medienberatung NRW (o. J.): *Digitaltag 2025*. Verfügbar unter: https://www.medienberatung.schulministerium.nrw.de/de/veranstaltungen_1/digitaltag_2025/digitaltag_2025.html

[27] European Commission (2019): *Key competences for lifelong learning. Luxemburg*. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/291008>

[28] Kultusministerkonferenz (KMK) (2016): *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf

[29] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2025): *Digitalisierung – Lehren und Lernen in der digitalen Welt*. Verfügbar unter: <https://www.schulministerium.nrw/digitalisierung>

[30] Lernen-digital.nrw (o. J.): *Portal*. Verfügbar unter: <https://www.lernen-digital.nrw/>

[31] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (o. J.): *Digitalisierungsbeauftragte*. Verfügbar unter: <https://www.schulministerium.nrw/digitalisierungsbeauftragte>

[32] DFO NRW (o. J.): *Lehrkräftefortbildung*. Verfügbar unter: <https://dfo-nrw-lehrkraefte.de/>

[33] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (o. J.): *Virtual-Reality-Technologie*. Verfügbar unter: <https://www.schulministerium.nrw/virtual-reality-technologie>

[34] MINT Zukunft schaffen e. V. (2024, 5. September): *Auszeichnung „MINT-freundliche Schulen“ und „Digitale Schulen“ in Nordrhein-Westfalen*. Verfügbar unter: <https://mintzukunftsschaffen.de/2024/09/05/auszeichnung-mint-freundliche-schulen-und-digitale-schulen-in-nordrhein-westfalen/>

[35] Albert-Einstein-Gymnasium Sankt Augustin (Hrsg.) (2024): *Albert-Einstein-Gymnasium als „Smart School“ ausgezeichnet*. Verfügbar unter: <https://albert-einstein-gymnasium.de/rt-notice/albert-einstein-gymnasium-als-smart-school-ausgezeichnet/>

[36] Medienscouts NRW (o. J.): *Programm*. Verfügbar unter: <https://www.medienscouts-nrw.de/>

[37] Industrie- und Handelskammer Bonn/Rhein-Sieg (Hrsg.) (2021): *Informations- und Tele-kommunikationsstandort Bonn/Rhein-Sieg. Bonn*. Verfügbar unter: https://www.ihk-bonn.de/fileadmin/dokumente/Downloads/Innovation_Umwelt_und_Nachhaltigkeit/Innovation_Allgemein/IHK-Broschuere-ITK-Standort-Bonn-Rhein-Sieg.pdf

[38] DIGITALHUB Bonn (o. J.): *Gründungsspot – Digital Hub Bonn*. Verfügbar unter: <https://www.gruendungsspot.de/digital-hub-bonn>

[39] BarCamp Bonn (o. J.): *BarCamp Bonn*. Verfügbar unter: <https://barcampbonn.de/>

[40] Digital Xchange (o. J.): *Konferenz*. Verfügbar unter: <https://digital-xchange.de/>

[41] Industrie- und Handelskammer Bonn/Rhein-Sieg (Hrsg.) (2025): *Wirtschaftspolitische Positionen der IHK 2025*. Verfügbar unter: https://www.ihk-bonn.de/fileadmin/dokumente/Downloads/Standortpolitik/Wirtschaftspolitische_Positionen/Wirtschaftspolitische_Positionen_der_IHK_2025.pdf

[42] Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (o. J.): *Gründungszentrum*. Verfügbar unter: <https://www.h-brs.de/de/gruenden>

[43] FabLabs.io (o. J.): *MakerSpace Bonn*. Verfügbar unter: <https://www.fablabs.io/labs/msb>

[44] Machwerk Hennef (o. J.): *Coworking Machwerk Hennef*. Verfügbar unter: <https://www.machwerk-hennef.de/>

[45] ScienceLoft GmbH (o. J.): *Derzeit jedoch nur online mit unklarer Zukunft*. (Hinweisquelle ohne URL/Publication)

[46] ScienceLoft GmbH (o. J.): *Denkschmiede – Das Projekt*. Verfügbar unter: <https://die-denkschmiede.de/das-projekt/>

[47] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023): *Digitalisierung und Energieeffizienz 2023*, S. 44–45. Verfügbar unter: https://www.zew.de/fileadmin/FTP/gutachten/IKTMonitoring/SchwerpunktstudieDigitalisierungundEnergieeffizienz_StatusQuoIndeutschenUnternehmen2023.pdf

[48] Bundesstadt Bonn (o. J.): *Klimaplan – Energie erzeugen & versorgen*. Verfügbar unter: www.bonn.de/themen-entdecken/klima/klimaplan/energie-erzeugen-versorgen.php. Letzter Zugriff 11.10.2025

[49] Bundesstadt Bonn (o. J.): *Bonn in Zahlen – Bevölkerungsstand 1. Januar 2025: 340.226 Einwohnerinnen und Einwohner*. Verfügbar unter: www.bonn.de/service-bieten/aktuelles-zahlen-fakten/bonn-in-zahlen.php

[50] Bitkom e. V. (2025): *Smart City Index – installierte Leistung pro 100.000 Einwohner* (Städte 200.000 - 500.000). (Angabe aus Index; ohne separate URL)

[51] Energieatlas NRW (o. J.): *Solkataster*. Verfügbar unter: www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solkataster

[52] Energieatlas NRW (o. J.): *Planungskarte Wärme*. Verfügbar unter: www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarte_waerme

[53] General-Anzeiger Bonn (2025, 18. April): *Bonn und Euskirchen: Höchster E-Auto-Anteil in NRW – Warum?* Verfügbar unter: https://ga.de/bonn/stadt-bonn/bonn-und-euskirchen-hoechster-e-auto-anteil-in-nrw-warum_aid-126400701

[54] Energie & Management (2025, 15. August): *Bonn macht Tempo beim Ausbau der Ladeinfrastruktur*. Verfügbar unter: www.energie-und-management.de/nachrichten/technik/de-tail/bonn-macht-tempo-beim-ausbau-der-ladeinfrastruktur-329927

[55] Stadtwerke Bonn (o. J.): *Elektrotankstellen – AC-Ladestellen*. Verfügbar unter: www.stadtwerke-bonn.de/fuer-zuhause/produkte/e-mobility/elektrotankstellen/#ac-2

[56] Stadt Troisdorf (2025, August): *Troisdorf setzt jetzt komplett auf Elektrofahrzeuge*. Verfügbar unter: www.troisdorf.de/de/rathaus-service/aktuell/pressemeldungen/2025/august/troisdorf-setzt-jetzt-komplett-auf-elektrofahrzeuge/

[57] Spieker, I.; u. a. (2017): *Multi-stage evolution of single- and multi-objective MCLP – Successive placement of charging stations*. In: *Soft Computing* 21, S. 4859–4872. DOI: 10.1007/s00500-016-2374-9

[58] Stadtwerke Bonn (o. J.): *30 emissionsarme Busse verstärken die Bonner Flotte*. Verfügbar unter: www.swb-busundbahn.de/aktuelle-meldungen/details/30-emissionsarme-busse-verstaerken-die-bonner-flotte/

[59] Elektromobilität.NRW (o. J.): *Sauber, leise, komfortabel: 6 E-Busse für den Rhein-Sieg-Kreis*. Verfügbar unter: www.elektromobilitaet.nrw/pressede-tails/sauber-leise-komfortabel-6-e-busse-fuer-den-rhein-sieg-kreis/

[60] Stadt Troisdorf (o. J.): *Smart City Strategie – Abschnitt E-Mobilität*. Verfügbar unter: www.troisdorf.de/de/rathaus-service/digitalisierung/smart-city-strategie/#accordion-1-3

[61] Altayara, A.; u. a. (2021): *Techno-economic assessment of PV forecast accuracy for a predictive congestion management at the distribution level*. In: *IET Conference Proceedings*, Volume 2021, Issue 6, DOI: doi.org/10.1049/icp.2021.1663

[62] Schroedter-Homscheidt, Marion; u. a. (2024): *Weather as a driver of the energy transition – present and emerging perspectives of energy meteorology*. In: *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 16(6)

[63] Meillinger, S.; u. a. (2021): *Entwicklung innovativer satellitengestützter Methoden zur verbesserten PV-Ertragsvorhersage auf verschiedenen Zeitskalen für Anwendungen auf Verteilnetzebene*. Verfügbar unter: pub.h-brs.de/frontdoor/index/index/docId/5955

[64] Verschiedene (o. J.): *Frei verfügbare Umweltdaten (Geoportal NRW, Umweltportal NRW, EnMAP)*. Verfügbar unter: www.geoportal.nrw; www.umweltportal.nrw.de; EnMAP

[65] Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (o. J.): *Projekt NAKSU*. Verfügbar unter: www.h-brs.de/de/naksu-neue-analyseverfahren-fuer-komplexe-sicherheits-und-umweltdaten

[66] Smart City Bonn (o. J.): *Bonner Klimakompass*. Verfügbar unter: <https://smartcity.bonn.de/digitale-angebote/inhaltsseiten/digitaltag-2024/klimadashboard.php>

[67] Urban Data Plattform Bonn (o. J.): *Geoportal UDP Bonn*. Verfügbar unter: <https://geoportal.udp.bonn.de/portal/master/index.html#>

[68] Stadt Troisdorf (o. J.): *SMARTes Troisdorf – Klimadashboard*. Verfügbar unter: <https://smartes.troisdorf.de/app/dashboards/>

[69] Stadt Siegburg (Hrsg.) (2024): *Smart City-Strategie der Kreisstadt Siegburg*. Verfügbar unter: <https://siegburg.de/medien/nachrichten/2024/dezember/smart-city-strategie.pdf?cid=1orip>

[70] EcoTwin-Projekt (2025): *Digitaler Zwilling urbaner Grünflächen – EcoTwin*. Verfügbar unter: <https://www.h-brs.de/de/ecotwin>

[71] IDC (o. J.): *Research Forecasts – Europe*. Verfügbar unter: https://my.idc.com/research/forecasts.jsp?sortBy=DATE_DESC®ion=3_184

[72] Bundesnetzagentur (o. J.): *Gigabit-Grundbuch*. Verfügbar unter: https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/_Home/start.html

[73] Bundesnetzagentur (2024): *Datenstand: Dezember 2024*. (Hinweisangabe)

[74] Bundesnetzagentur (2024, Juli): *Parametervorgabe Mobilfunkmonitoring 2G-4G-5G*. Verfügbar unter: https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Downloads_Suche/archiv/2024/07/Parametervorgabe.pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2

[75] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (o. J.): *Handlungsempfehlungen Smart City*. Verfügbar unter: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartCity/Handlungsempfehlungen_Smart_City.pdf?__blob=publicationFile&v=3

[76] Rademacher, M.; Linka, H.; Horstmann, T.; Henze, M. (2021): *Path Loss in Urban LoRa Networks: A Large-Scale Measurement Study*. In: *2021 IEEE 94th Vehicular Technology Conference (VTC2021-Fall)*. DOI: 10.1109/VTC2021-Fall52928.2021.9625531

[77] Sorgatz, Christian; Lüders, Christian; Rademacher, Michael (2024): *Measurements of Build-ing Attenuation in 450 MHz LTE Networks*. In: *Mobilkommunikation – 28. ITG-Fachtagung*, S. 51–56. VDE

[78] SWB Energie und Wasser (o. J.): *LoRaWAN – SWB Energie und Wasser*. Verfügbar unter: <https://www.stadtwerke-bonn.de/fuer-unternehmen/produkte/lorawan/>

[79] Urban Data Management, Stadt Bonn (o. J.): *Geoportal der Stadt Bonn*. Verfügbar unter: <https://geoportal.udp.bonn.de>

[80] Bundesstadt Bonn – Personal- und Organisationsamt (o. J.): *Open Data Portal der Stadt Bonn*. Verfügbar unter: <https://opendata.bonn.de>

[81] Smart City Bonn (o. J.): *Smart City Bonn – Portal*. Verfügbar unter: <https://smartcity.bonn.de/index.php>

[82] Rhein-Sieg-Kreis (o. J.): *GeoPortal des Rhein-Sieg-Kreises*. Verfügbar unter: <https://www.rhein-sieg-kreis.de/mobilitaet-umwelt/bauen-wohnen/geoinfos-und-karten-oberseite/inhaltsseiten/geoportal.php>

[83] Stadt Troisdorf (o. J.): *smart:app Troisdorf*. Verfügbar unter: <https://www.smart-app-troisdorf.de/>

IMPRESSUM

Herausgeber	© IHK Bonn/Rhein-Sieg Bonner Talweg 17 53113 Bonn Tel: +49 (0) 228 2284-0 E-Mail: info@bonn.ihk.de
Redaktion	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
Ansprechpartner	Bernhard Christ Referent IT- & Gesundheitswirtschaft
Gestaltung, Titel	Elisabeth Mantouvalou em@mantouvalou.de
Stand	Dezember 2025

Bildnachweise	 Titel: Ferdinand/Adobe Stock, AdobeStock, AdobeStock Seite 4: Adobe Stock, stnazkul/Adobe Stock Seite 7: bluedesign/Adobe Stock Seite 9: Freepik, Freepik Seite 16: Freepik, KI Seite 18: Maryna/Adobe Stock Seite 19: Freepik Seite 21: Freepik Seite 24: Adobe Stock, KI Seite 26 KI Seite 31 KI Seite 33 nuddss/Adobe Stock
---------------	--



Industrie- und Handelskammer
Bonn/Rhein-Sieg



**Hochschule
Bonn-Rhein-Sieg**
University of Applied Sciences