

Rahmenszenario und Annahmen für eine flexible Energieversorgung von Gebäuden und Quartieren (Bericht D 1.1)

Autor:

Dr. Severin Beucker, Borderstep Institut

Unter Mitarbeit von:

Michael Wedler, B.A.U.M. Consult

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Annahmen für die Szenarioentwicklung	4
2.1	Annahmen für ein Rahmenszenario	4
2.2	Beschreibung eines Rahmenszenarios für die flexible Energieversorgung von Gebäuden	6
2.3	Physikalisch-gebäudetechnische Annahmen	7
3	Weiteres Vorgehen	7

1 Einleitung

Durch dezentrales Energiemanagement können in Wohngebäuden rund 30% des haushaltsbezogenen Heizenergieverbrauchs sowie bis zu 10% des Stromverbrauchs eingespart oder verlagert werden. Dies sind die Ergebnisse des Forschungsprojektes SHAPE (Serviceorientierte Heimautomatisierungsplattform zur Energieeffizienzsteigerung)¹, das durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wurde.

Möglich werden diese Effizienzgewinne durch eine Einzelraumtemperaturregelung und individuell einstellbare Temperaturprofile der Bewohner auf Raum- bzw. Wohnungsebene. Diese individuellen Temperaturprofile werden für das gesamte Gebäude aggregiert und die Heizkurve der zentralen Heizungsanlage dementsprechend optimiert. Da das System die spezifischen Heizbedarfe aus den Wohnungen erfasst und mit der gemessenen Temperatur abgleicht, kann es in Verbindung mit Wetterdaten den Wärmebedarf der nächsten Stunden prognostizieren und große Effizienzgewinne aus der Feinabstimmung der Heizungsführung erzielen. Das System kann zudem variierende Preissignale für Strom aufnehmen und, innerhalb vom Mieter vorgegebener Grenzen, Stromverbraucher bzw. Geräte im Haushalt steuern².

Die Technik des dezentralen Energiemanagements kann jedoch nicht nur den gebäudebezogenen Energieverbrauch optimieren, sondern auch zur bedarfsgerechten Steuerung von dezentralen Energieerzeugungsanlagen (z.B. Blockheizkraftwerken (BHKW)) in Gebäuden genutzt werden. Dezentrale Erzeugungsanlagen können beispielsweise temporär genutzt werden, um einen erhöhten Eigenstrombedarf im Gebäude abzudecken oder im Verbund kurzfristige Lastspitzen im Stromnetz abzufangen. Möglich wird dies, da das dezentrale Energiemanagement eine sehr genaue und zuverlässige Ermittlung und Steuerung des Heizenergiebedarfs über den Tagesverlauf ermöglicht. Durch die Kenntnis über den Wärmebedarf sowie die Einbeziehung der aktiven und passiven Speicherkapazität im Gebäude (Warmwasserspeicher, Heizungskreislauf/ Nahwärmenetz und Gebäudemasse), können Gebäude mit ihren Erzeugungsanlagen für die dezentrale Energieversorgung genutzt werden. Hinzu kommt, dass im mehrgeschossigen Wohnungsbau aufgrund der Größe der Gebäude und der Erzeugungsanlagen sowie der Vielzahl der involvierten Verbraucher größere Verlagerungspotenziale liegen als in Einfamilienhäusern und diese, bedingt durch die zentralisierte Ansprache, leichter gebündelt werden können. Im Vorhaben ProSHAPE soll untersucht werden, wie diese Speicher- und Verlagerungspotenziale für eine flexible Energieversorgung von Gebäuden nutzbar gemacht werden können.

Ein wichtiges Element ist dabei der Einsatz von dezentralen Energiemanagementsystemen (DEMS), die eine sehr genaue und zuverlässige Ermittlung des Heizenergiebedarfs über den Tagesverlauf ermöglichen. Ein im Gebäude installiertes BHKW kann damit, nicht wie bisher vornehmlich wärmegeführt, sondern zeitweise auch stromgeführt, betrieben werden. Der erzeugte Strom kann entweder zur Deckung des Eigenbedarfs oder im Verbund mit anderen Erzeugungsanlagen (als virtuelles Kraftwerk) zur Kompensation von Spitzenbedarfen im Netz genutzt werden. Vor allem in städtischen Quar-

¹ Zu detaillierten Informationen und Ergebnissen des Forschungsprojektes SHAPE siehe www.borderstep.de/projekte/energiemanagementsystem/ oder www.connected-living.org/projekte/abgeschlossen/shape/.

² Die Einführung variabler Stromtarife ist durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) geregelt. Für ihre Einführung besteht bisher keine ausreichende Motivation, da wichtige Voraussetzungen, z.B. die Spezifikation und Zulassung von intelligenten Zählern nicht geregelt ist und die bestehende Beschaffungs- und Preisstruktur von Strom (Standardlastprofil und Abgaben) keine Anreize schaffen (siehe Beucker et al. 2012).

tieren mit dichter Bebauung, d.h. Gebäuden mit entsprechendem Heizbedarf und thermischer Kapazität sowie dezentralen Erzeugungsanlagen, ist dies eine Option für die Nutzung des Gebäudebestands in einer flexibilisierten Energieversorgung.

Im Forschungsvorhaben ProSHAPE soll das dezentrale Energiemanagementsystem so weiterentwickelt werden, dass es für folgende Aufgaben genutzt werden kann:

- *Steuerungsfunktionen für dezentrale Energieerzeugungsanlagen:* Das DEMS zur Optimierung der Heizungssteuerung soll um Funktionen für die Steuerung dezentraler Erzeugungsanlagen für Wärme und Strom (BHKW) erweitert werden. Die dezentrale Wärme- und Stromerzeugung einerseits und das geplante Angebot variabler Strom- und Gasstarife andererseits haben zur Folge, dass sich Struktur und Aufgaben von dezentralem Energiemanagement ändern müssen. Bisher bestand ihr Ziel aufgrund konstanter Energiepreise vorrangig darin, die Heizenergieverbräuche zu minimieren. In Zukunft gilt es, die Wärme- und Stromkosten bei variablen Gas- und Strompreisen zu verringern und die Informationen aus den Gebäuden für eine flexiblere Energieversorgung (z.B. im Rahmen virtueller Kraftwerke) sowie eine optimierte Eigennutzung verfügbar zu machen.
- *Optimierungsmodelle für eine effiziente Energieversorgung von Gebäuden und Quartieren:* Bisher refinanziert sich dezentrales Energiemanagement über die mit dem System erzielbaren Energieeinsparungen und die damit verbundene Reduktion der warmen Nebenkosten. In jüngster Zeit installieren zudem vorrangig Wohnungsgenossenschaften BHKW in ihren Liegenschaften und beliefern die Genossenschaftsmieter nicht nur mit Wärme sondern auch mit Strom. Deckt der selbst erzeugte Strom nicht den temporären Bedarf, wird vom Energieversorger zugekauft. Überschüssiger Strom wird gegen Vergütung in das vorgelagerte Stromnetz eingespeist. Es sind jedoch auch andere Optimierungsmodelle denkbar, nach denen beispielsweise der erzeugte Strom für die Senkung von Spitzenlasten im Quartier oder Stromnetz genutzt werden kann. Dies setzt wiederum die Einbindung zusätzlicher Akteure wie Energieversorger und Aggregatoren voraus. Für die genannten Fragestellungen sollen im Vorhaben Lösungsansätze entwickelt und deren Realisierbarkeit überprüft werden.
- *Entwicklung von Geschäftsmodellen für eine kostenbasierte, flexible Energieversorgung von Wohngebäuden:* Aufbauend auf den Optimierungsmodellen sollen neue Wertschöpfungsketten definiert und Geschäftsmodelle entwickelt werden. Im Mittelpunkt stehen dabei die ökonomisch-ökologischen Nutzenversprechen an die jeweilige Nutzer- oder Kundengruppe. Ziel der Geschäftsmodellentwicklung ist es, variable Energietarife abrechenbar und sie so für Haushalte sowie Aggregatoren, Netzbetreiber und Energieversorger nutzbar zu machen. Die praktische Umsetzung der Modelle soll schließlich mit Hilfe agentenbasierten Mehrwertdienste erfolgen und so eine optimale Verwendungen der Energie (z.B. Eigenversorgung oder auch Netzstabilisierung) ermöglichen.

2 Annahmen für die Szenarioentwicklung

2.1 Annahmen für ein Rahmenszenario

Um die Erfassung und Entwicklung von (Geschäfts-)Modellen für kostenbasierte, flexible Energieversorgung von Wohngebäuden zu unterstützen, werden Annahmen beschrieben, die Grundlage für die Beschreibung eines Rahmenszenarios sowie von Arbeitshypothesen des Projektes ProSHAPE sind. Die Annahmen sind durch Projektworkshops und Expertengespräche erfasst und verifiziert worden. Nachfolgend werden die wichtigsten Annahmen kurz zusammengefasst:

- *Energiepreise:* Es wird davon ausgegangen, dass die Preise für Heizenergie mittelfristig (d.h. innerhalb der nächsten 10 Jahre) kontinuierlich steigen. Dies entspricht einer Fortschreibung des

bisherigen Trends und ist kein Widerspruch zu teilweise kurzfristig sinkenden Gas- und Ölpreisen, wie sie etwa in Folge der Wirtschaftskrise oder der erhöhten Öl- und Gasförderung durch Fracking in den Vereinigten Staaten beobachtet werden können. Die hohen Energiekosten für Endkunden liefern damit weiterhin einen Anreiz für Energieeinsparungen. Schwieriger zu prognostizieren ist dagegen die Entwicklung von Strompreisen. Während die Gestehungskosten für Strom sinken, ist die Energiewende und der damit verbundenen Umbau der Energieversorgung mit hohen Investitionen in die Erzeugung, Verteilung und Speicherung verbunden, an denen Endkunden beteiligt werden. Die Strompreise können daher mittelfristig auch stärker steigen, z.B. durch einen Anstieg der Erneuerbare-Energien-Umlage oder steigende Netzentgelte. Gleichzeitig zeigen aktuelle Entwicklungen, dass etwa durch die Eigenstromnutzung aus Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerken, unabhängig vom Strommarkt, neue Nutzungs- und Vermarktungsmodelle entstehen. Die zukünftige Stromversorgung wird daher mit Sicherheit stärker von variablen und dynamischen Tarifen geprägt sein als dies bisher der Fall ist. Eine vergleichbare Entwicklung könnte sich langfristig auch im Gasmarkt vollziehen, wenn beispielsweise durch die verstärkte Einspeisung von Biogas und die Nutzung von Power-to-Gas-Technologien zeitlich variable Gasangebote und –preise entstehen.

- *Energiemärkte und Flexibilisierungsoptionen:* Durch die Liberalisierung des Energiemarktes sind die Sparten Erzeugung und Verteilung voneinander entkoppelt und gleichzeitig die Barrieren für eine Beteiligung am Energiemarkt gesenkt worden. Beispielsweise wurde der Zugang zum Regenergiemarkt in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert, indem die Bedingungen für Teilnahme erleichtert und neue Handelsmechanismen eingeführt wurden. Dies hat sowohl zum Angebot neuer Produkte (z.B. Regelleistung in Form schaltbarer industrieller Verbraucher), als auch zur Herausbildung neuer Akteure auf dem Markt (Aggregatoren, Zwischenhändler, etc.) geführt. Für das Projekt ProSHAPE wird davon ausgegangen, dass sich diese Entwicklung in den nächsten Jahren fortsetzen wird. Zum einen, weil die Integration erneuerbarer Energien in das Netz eine weitere Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage erfordert, und zum anderen, weil durch mehr Intelligenz in der Energieerzeugung und –versorgung, neue – aus heutiger Sicht nur schwer skalierbare – Angebote für die dezentrale Erzeugung, Verlagerung und Speicherung von Energie entstehen. Gebäude und städtische Quartiere mit ihren Energiequellen und –senken stellen eine solche Flexibilisierungsoption dar, die durch den Einsatz von Dezentralem Energiemanagement in den nächsten Jahren erschlossen und nutzbar gemacht werden können.
- *Wandel der städtischen/ kommunalen Energieversorgung:* Derzeit kann ein Wandel der städtischen/ kommunalen Energieversorgung beobachtet werden. Während die Anfangsphase der Liberalisierung der Energiewirtschaft durch eine Privatisierung kommunaler Aufgaben geprägt war, so ist in den letzten Jahren eine Rekommunalisierung zu verzeichnen. Neben neuen Stadtwerken bilden sich auch neue Unternehmensformen wie Energieerzeugungs- und Versorgungsgenossenschaften. Die Versorgung entwickelt sich damit stärker in Richtung einer dezentraleren, auf eigenen und regenerativen Quellen beruhenden Struktur. Die Motive für diese Entwicklung haben ihre Ursache in vielen Faktoren. Neben der Energiewende spielt auch die Wiedergewinnung finanzieller und planerischer Hoheit über lokale Versorgungsbetriebe (z.B. in Folge der Finanzkrise und der Privatisierung) sowie der Wunsch der Kommunen und ihrer Bürger nach einer autonomen, unabhängigen Energieversorgung von Gemeinden und Quartieren eine Rolle.
- *Selbstverpflichtung der Wohnungswirtschaft:* Die Wohnungswirtschaft hat sich in Folge der Diskussion zur Energiewende zur Reduktion des Energieverbrauchs in ihrem Wohnungsbestand verpflichtet. Die große Herausforderung liegt dabei nicht in den Neubauten, die bereits nach dem Stand der Technik geplant und ausgerüstet werden und damit einen relativ niedrigen Heizenergieverbrauch aufweisen, sondern im Bereich von Bestandsgebäuden. Sie sind für einen großen Anteil des gebäudebezogenen Energieverbrauchs verantwortlich und beeinflussen aufgrund Ihrer langen Lebensdauer die Energiebilanz erheblich. Gesucht sind deshalb Lösungen, die zu gutem

Kosten-Nutzen-Verhältnis den Heizenergieverbrauch im Gebäudebestand senken. Gleichzeitig stehen zahlreiche Wohnungsunternehmen vor der Entscheidung ihren Bestand weiter technisch modernisieren und an die Bedürfnisse der Bewohner anpassen zu müssen. Die Technik des dezentralen Energiemanagements ist hierfür geeignet, da sie gleichzeitig eine digitale Infrastruktur für die intelligente Heim- und Gebäudevernetzung schafft. Auf Grundlage dieser Infrastruktur können in Folge weitere, kostengünstige Heimvernetzungsdienste angeboten werden.

- *Bedarfe/ Anforderungen von Verbrauchern:* Schließlich wird davon ausgegangen, dass die Bedarfe und Anforderungen von Endverbrauchern (Mieter, Kunden, etc.) einen wichtigen Einfluss auf die kostenbasierte, flexible Energieversorgung von Wohngebäuden haben. Zum einen werden sie aufgrund der steigenden Energiepreise und Nebenkosten ein Interesse daran haben, Maßnahmen zu unterstützen, die den Energieverbrauch senken. Dies gilt sowohl für die Senkung der Heiz- als auch der Stromkosten. Zum anderen ist der Einsatz von dezentralem Energiemanagement mit einem Komfortgewinn in den Wohnungen verbunden. Durch eine Einzelraumtemperaturregelung und die adaptive Anpassung der Heizleistung kann der Energieverbrauch gesenkt, die Temperatur verlässlich erreicht und gehalten werden. Gleichzeitig wird mit der Technik eine Grundlage für zukünftige Angebote der Heimvernetzung und Bedürfnisse der Mieter (Dienste für das Energiemanagement, Ambient-Assisted-Living sowie Vermieter-Mieter-Kommunikation) gelegt.

Die genannten Annahmen basieren auf einer aktuellen Einschätzung. Sie können durch sich verändernde politische, rechtliche oder wirtschaftliche Rahmenbedingungen raschen und deutlichen Änderungen unterliegen. Zudem hängen die Annahmen teilweise voneinander ab bzw. bauen aufeinander auf. So werden beispielsweise die Bedürfnisse der Verbraucher teilweise von den Energiepreisen beeinflusst. Vergleichbar verhält es sich mit den Energieeinsparungszielen der Wohnungswirtschaft. Das dargestellte Annahmenbündel sollte daher immer als Gesamteinschätzung verstanden werden.

2.2 Beschreibung eines Rahmenszenarios für die flexible Energieversorgung von Gebäuden

Das folgende Rahmenszenario fasst die Annahmen in einem konsistenten Bild zusammen. Dieses Szenario soll der Ausarbeitung von Anwendungsszenarien (Use Cases) und Geschäftsmodellen für die flexible Energieversorgung von Gebäuden in den nachfolgenden Arbeitspaketen des Projektes ProSHAPE dienen.

Szenario für die flexible Energieversorgung von Gebäuden und Quartieren im Jahr 2025

Im Jahr 2025 besitzen ca. 20% der mehrgeschossigen Wohngebäude in Deutschland dezentrale Erzeugungsanlagen für Wärme und Strom. Dies sind Blockheizkraftwerke oder vergleichbare Aggregate, die – teilweise in Verbindung mit Wärmepumpen, Solarthermie und Photovoltaik – eine Grundversorgung der Gebäude mit Wärme und Strom sicherstellen. Die Gebäude mit ihren Erzeugungsanlagen sind Bestandteil eines intelligenten, städtischen Energiemanagements auf Quartiersebene. Mit dem Quartiersmanagement werden Erzeugung und Verbrauch von Wärme und Strom aufeinander abgestimmt. Über dezentrale Energiemanagementplattformen in den Gebäuden wird der Energiebedarf erfasst. Dies gilt sowohl für den Wärmebedarf in den Wohnungen der aufgrund der eingestellten Temperaturprofile und Wetterdaten ermittelt wird, als auch für den Stromverbrauch dessen Entwicklung aus dem Verbrauchsverhalten der Vergangenheit und dem potenziellen Bedarf der angeschlossenen Stromverbraucher (z.B. Warmwasserspeicher oder Haushaltsgeräte) abgeleitet werden kann.

Ebenfalls bekannt sind durch die Verwendung von Dezentralen Energiemanagementsystemen das Aufheizverhalten und die thermische Speicherfähigkeit der Gebäude (thermische Trägheit des Gebäudekörpers) sowie ihrer Systeme (Heizungssystem und Warmwasserspeicher). Gebäude und Systeme können daher für eine flexible Energiebereitstellung und –speicherung genutzt werden. Für den

Betrieb von BHKW folgt daraus, dass diese für begrenzte Zeit anstelle eines wärmegeführten in einem stromgeführten Modus betrieben werden können. Damit können ohne Komfortverlust für die Bewohner absehbare, kurzzeitige Stromlastspitzen im Gebäude oder im Netz mit der Erwärmung des Gebäudes synchronisiert werden.

Aufgrund der Anzahl von BHKW die im Jahr 2025 über diese Steuerungsoption verfügen, können in Großstädten durch die Aggregation mehrerer Anlagen kostengünstige Ausgleichkapazitäten für ca. 30-minütige Lastspitzen im Megawattbereich zur Verfügung gestellt und der Betrieb von Spitzenlastkraftwerken vermieden werden. Die Optimierungsentscheidung (z.B. Einspeisung des Stroms vs. Eigennutzung im Gebäude) wird als Preisverhandlung von agentenbasierten Diensten zwischen Energieversorgern, Netzbetreibern und Betreibern der Erzeugungsanlagen durchgeführt.

2.3 Physikalisch-gebäudetechnische Annahmen

Die Anwendungsmöglichkeiten des Dezentralen Energiemanagements für eine Energieversorgung auf Grundlage von Kraft-Wärme-Kopplung ist von einer Vielzahl physikalischer Parameter wie dem Gebäude- und Heizungstyp, dem Wetter sowie dem Verhalten der Bewohner abhängig. Hierzu werden im Laufe des Vorhabens und der Umsetzung mit der Wohnungswirtschaft Ergebnisse erarbeitet werden, die eine genauere Abschätzung der Potenziale für Energieeinsparungen und die Übertragbarkeit der Technik ermöglichen. Die nachfolgenden Zusammenhänge sollen dagegen eine vorläufige Abschätzung der Potenziale erlauben und im Sinne von Arbeitshypothesen für die Ausarbeitung von Anwendungsszenarien genutzt werden:

1. Ein Gebäude A kann bei einer Temperaturerhöhung von $B^{\circ}\text{C}$, C kWh an Heizenergie (in Form des Gebäudekörpers, des Heizungssystems und der Warmwasserspeicher) ohne Komfortverlust für die Bewohner aufnehmen. Dabei fallen D kWh elektrische Leistung aus der Energieerzeugung im BHKW an, die im Gebäude oder Netz genutzt werden können. Die Mobilisierungszeit zur Bereitstellung dieser Leistung beträgt E Minuten.
2. Umgekehrt kann, ebenfalls ohne Komfortverlust, der Aufheizvorgang in demselben Gebäude unter Berücksichtigung der Speicherkapazität um F Minuten verzögert werden falls eine Lastspitze erwartet wird.
3. Bei der gleichzeitigen Nutzung von G Gebäuden mit vergleichbaren Eigenschaften können somit H kWh an elektrischer Regelleistung für einen Zeitraum von I Minuten zur Verfügung gestellt und dafür entsprechende Vermarktungsoptionen entwickelt werden.

3 Weiteres Vorgehen

Die Annahmen und das Rahmenszenario sind ein Vorschlag für eine vereinfachte Beschreibung der komplexen physikalische Zusammenhänge und der Verlagerungspotenziale, die sich aus einer flexiblen Energieversorgung von Gebäuden ergeben. Sie können von den Projektpartnern im Laufe des Vorhabens angepasst und weiterentwickelt werden. Gleichzeitig bilden Sie die Grundlage für die Entwicklung von Anwendungsszenarien (Use Cases), die darauf aufbauenden Geschäftsmodelle und die Umsetzung einer Smart-Home und Smart- Building Architektur. Für die genannten Arbeiten werden daher die folgenden Schritte vorgeschlagen:

1. Projektinterner Workshop zu Anwendungsfällen (Use Cases) am 16.12.2014 mit dem Ziel eine vertiefende Diskussion über die Anwendungsfälle und Optimierungsebenen (Gebäude, Quartier, Netz) des Energiemanagement durchzuführen. Ergebnis sollen wenige, spezifische Anwendungsszenarien sein. Diese sollen zudem nach Wunsch des Projektträgers für das Use Case Manage-

ment Repository³ (Themenfeld: Smart Cities und Smart Home + Building) sowie für die Normungs-Roadmap Smart Home + Building gemäß der Vorgaben der IEC/PAS 62559 „IntelliGrid Methodology for Developing Requirements for Energy Systems“⁴ aufbereitet werden, um die Interoperabilität und die IT-Sicherheit der entwickelten Lösungen zu gewährleisten.

- Das Rahmenszenario und die ausgearbeiteten Anwendungsfälle bilden wiederum die Grundlage für den im Januar/ Februar durchzuführenden Workshop zu Geschäftsmodellen. Diese sollen den Projektpartnern eine unternehmerische Verwertung der entwickelten Modelle nach Ende des Vorhabens ermöglichen.

Die Vorgehensweise und der Zusammenhang zwischen Szenario- und Geschäftsmodellentwicklung im Vorhaben ProSHAPE sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.

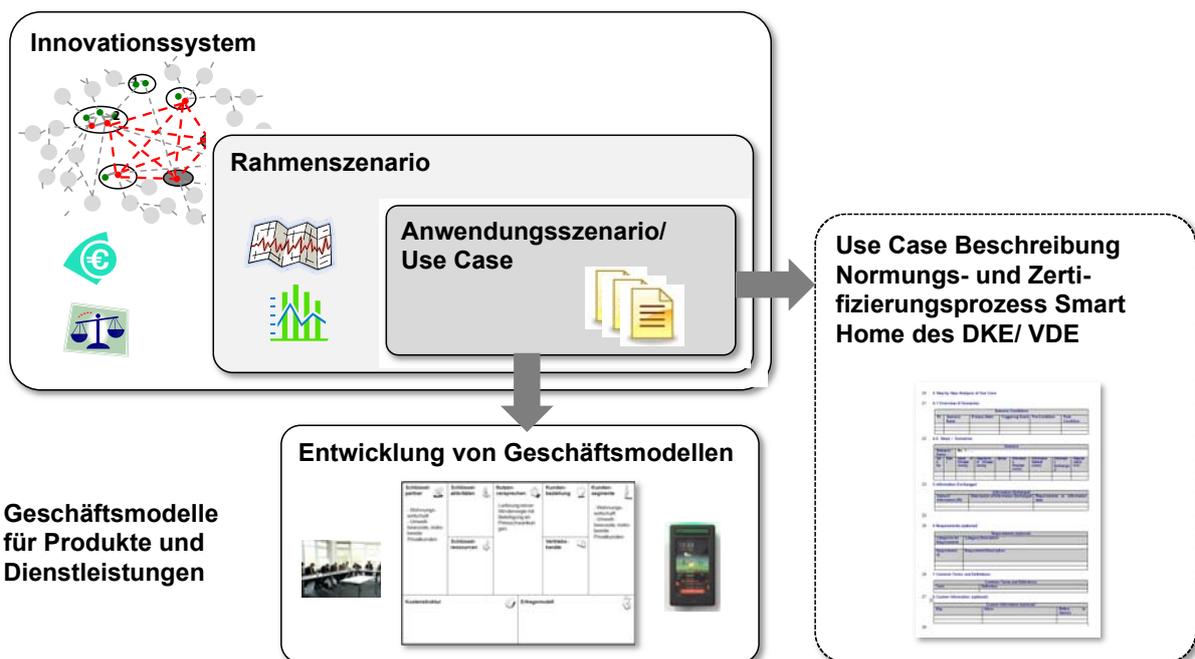


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Szenario- und Geschäftsmodellentwicklung im Vorhaben ProSHAPE

³ Siehe <https://www.dke.de/de/themen/use-case-management-repository>

⁴ Siehe <https://webstore.iec.ch/publication/22349>