DynaNet – Dynamische Netzentgeltsystematik für verteilnetzdienliches Verhalten in Verbindung mit Home-Energie-Management-Systemen

Zielbild DynaNet – Intelligente Stromtarife für stabile Netze

Inhaltsverzeichnis

1. Projektrahmen DynaNet 2
2. Zielbild 4
3. Vorgehen 6

1. Projektrahmen DynaNet

In einem Energiesystem, das weitgehend auf einer erneuerbaren, fluktuierend anfallenden Energieerzeugung basiert, ist die Steuerbarkeit von Erzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen sowie die Verwendung von Kurzzeit- und Langzeitenergiespeichersystemen (zusammenfassend „**Flexibilitätspotenziale**“ genannt) von entscheidender Bedeutung zur Gewährleistung von Versorgungssicherheit und Netzstabilität. Dabei sollte die Abregelung von Erzeugungsanlagen nach Möglichkeit vermieden werden, um die potenziell erzeugbaren Energiemengen möglichst optimal nutzen zu können.

Die zunehmende Verbreitung von Wärmepumpen, stationären Batteriespeichern und mobilen Batteriespeichern in Elektrofahrzeugen in Haushalten und Unternehmen (zusammenfassend in DynaNet „**dezentrale Flexibilitäten“** oder „**steuerbare Verbrauchseinrichtungen**“ genannt) führt summarisch zu einem erheblichen Flexibilitätspotenzial, mit dessen Nutzung Investitionen in zentrale Flexibilitäten bzw. zusätzlichen Netzausbau reduziert werden könnten. Als dezentrale Flexibilitäten werden in den Prozessen von Dynanet ausschließlich steuerbare Verbrauchseinrichtungen entsprechend der Definition des § 14a EnWG betrachtet.

Aufgrund der Kleinteiligkeit der einzelnen Flexibilitäten ist eine zentral organisierte, individuell netzdienliche Ansteuerung einzelner dezentraler Flexibilitäten jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Außerdem unterliegen die dezentralen Flexibilitäten primären Nutzungswünschen der **„Flexibilitätsbetreiber“**, die sich zentral nicht im Detail erfassen und berücksichtigen lassen.

Mit dem § 14a EnWG wurde ein kuratives Instrument geschaffen, das den Netzbetreibern im Fall einer bereits eingetretenen Netzinstabilität einen direkten oder indirekten Zugriff auf steuerbare Verbrauchseinrichtungen in Haushalten ermöglicht und dafür dem Flexibilitätsbetreiber eine pauschale, ereignisunabhängige finanzielle Kompensation anbietet.

Die seit 2025 eingeführte Verpflichtung für Energieversorgungsunternehmen, zeitvariable Stromtarife anzubieten, kann als erster Schritt in Richtung einer marktlich und ereignisorientierten Incentivierung von Flexibilitätsbetreibern verstanden werden, ihr Verbrauchsverhalten dem Stromerzeugungsangebot anzupassen und darüber zu einer proaktiven Vermeidung von Netzinstabilitäten beizutragen. Die bisher am Markt verfügbaren Tarife orientieren sich jedoch fast ausschließlich am Börsenstrompreis und blenden technische Restriktionen der Verteilnetze aus. Damit können diese „einfachen“ dynamischen Tarife zu ungewollten Fehlsteuerungen führen: Niedrige Börsenpreise stimulieren zusätzlichen Verbrauch in Zeiten, in denen die physikalischen Grenzen des lokalen Netzes bereits erreicht sein können. Umgekehrt kann ein hoher Börsenpreis zu einer zeitlichen Verbrauchsverschiebung führen, obwohl lokal gerade ein Überschuss an erneuerbaren Energien zur Verfügung steht. Komplett unberücksichtigt bleiben hierbei bisher die Netzentgelte, Abgaben, Umlagen und Steuern, die weiterhin einen erheblichen fixen Preisbestandteil ausmachen und die Incentivierungswirkung eines zeitvariablen Stromtarifs reduzieren.

Ebenfalls im Jahr 2025 hat die BNetzA das AgNes-Verfahren (Allgemeine Netzentgeltsystematik) gestartet, mit dem Ziel, auch die Netzentgelte abhängig von der jeweiligen Netzsituation zu dynamisieren. Auf dem derzeitigen Stand der Diskussion wird davon ausgegangen, dass die Berechnung von Netzentgelten künftig in Analogie zu dynamischen Tarifen viertelstündlich, mindestens aber stündlich erfolgt und dabei sowohl positive als auch negative Werte annehmen kann. Zusätzlich zu einem dynamischen Preisbestandteil als Steuerungsinstrument ist ein fixer Preisbestandteil zu erwarten, mit dem die generelle Netznutzung vergütet wird. Im

AgNes-Verfahren werden bisher allerdings nur die obersten vier Netzebenen betrachtet. Mögliche Restriktionen auf der Ebene lokaler Verteilnetze, auf der die meisten dezentralen Flexibilitäten angeschlossen sind, bleiben damit auch weiterhin unberücksichtigt.

DynaNet verfolgt den Grundgedanken, Flexibilitätsbetreibern ein Incentivierungsinstrument in Form eines dynamischen, netzdienlichen Stromtarifs anzubieten, den Flexibilitätsbetreibern aber die Entscheidung über den Umfang dessen Nutzung und die Auswahl der ggf. hierzu eingesetzten Anlagen zu überlassen.

DynaNet zielt damit auf einen **proaktiven Prozess**, mit dem Netzengpässe vermieden werden können, bevor sie entstehen. Dieser Prozess soll neben dem reaktiven Prozess nach § 14a EnWG bestehen, der für den Netzbetreiber als Sicherungsinstrument verbleibt, sollten nicht alle Netzengpässen proaktiv vermieden werden können.

DynaNet konzentriert sich dabei auf die **Ebene lokaler Verteilnetze (Niederspannungsverteilnetze)** und den **Haushaltssektor**. **Betrachtungsraum ist das Niederspannungsnetzgebiet eines Verteilnetzbetreibers (Netzebene 7).** Die preisabhängige Nutzung auch nicht steuerbarer Verbrauchseinrichtungen in den Haushalten ist prinzipiell möglich. Potenziell lässt sich der Ansatz von DynaNet auch auf Einspeiseanlagen übertragen, sollten diese zu einem späteren Zeitpunkt dynamische Einspeiseentgelte zahlen müssen.

DynaNet setzt in den Haushalten die **Installation eines Energiemanagementsystems** voraus, das in der Lage ist, aufgrund der über Kommunikationsnetze empfangenen dynamischen Tarifinformationen eine weitgehend **automatisierte Steuerung** der vorhandenen steuerbaren Verbrauchseinrichtungen vorzunehmen und dabei die **primären Nutzungsbedürfnisse** der Anlagen durch den Betreiber zu berücksichtigen[1].

DynaNet nutzt nach Möglichkeit bestehende oder absehbar verfügbare energiewirtschaftliche Instrumente und Prozesse (z. B. intelligente Messsysteme, tarifwirtschaftliche Anwendungsfälle) und baut auf diesen auf.

DynaNet versteht sich als Beitrag zur Entwicklung einer praxistauglichen Systematik zur Bereitstellung dynamischer Tarife, die Bedürfnisse und Ziele von Verteilnetzbetreibern und Flexibilitätsbetreibern mit dem Schwerpunkt Haushalte verbindet. Die Projektergebnisse sollen als Blaupause dienen und möglichst problemlos von anderen Verteilnetzbetreibern übernommen werden können. Hierzu sollen grundsätzlich standardisierte, offene Schnittstellen und interoperable Softwarekomponenten entwickelt bzw. verwendet werden.

[1] Grundsätzlich können auch sonstige Lasten in Haushalten zeitlich gesteuert werden. Dies erfordert in der Regel aber eine händische Aktion durch die Bewohner und widerspricht häufig deren üblichen Nutzungsgewohnheiten bzw. Komfortansprüchen.

2. Zielbild

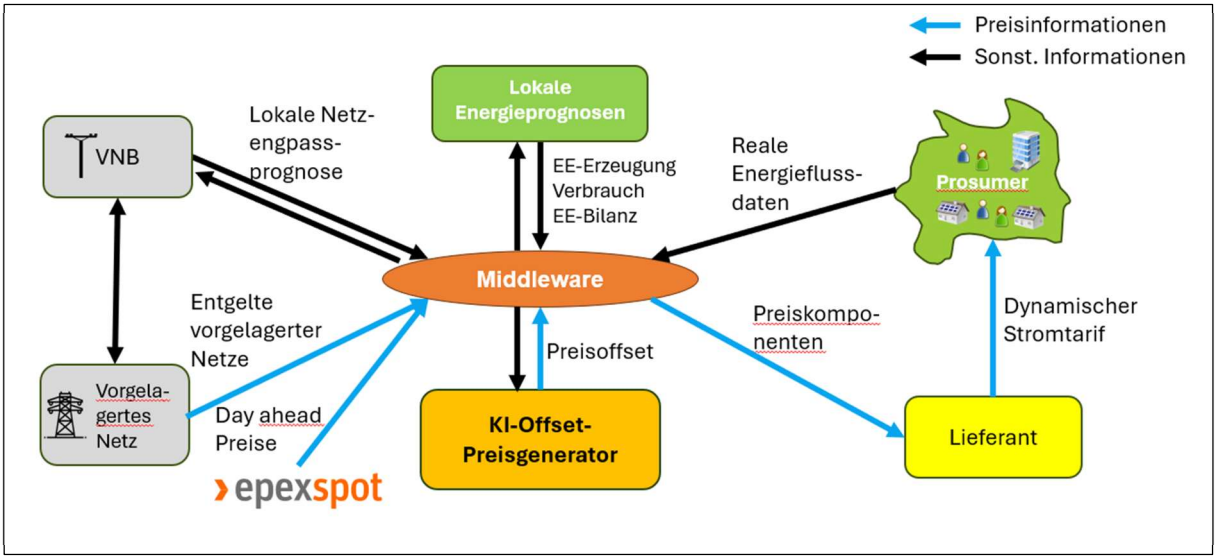


Abbildung 1: Zielbild

Das Zielbild stellt auf hoher Abstraktionsebene dar, welche Themenbereiche im Projekt adressiert werden und ineinandergreifen müssen, um die gesteckten Projektziele zu verwirklichen.

Im **Zentrum der Entwicklungsziele** von DynaNet steht ein KI-gestützter **Offset-Preisgenerator** mit dem ein ergänzender Preisbestandteil eines dynamischen Stromtarifs berechnet werden soll. Der zu berechnende Preisoffset soll Prosumer in einem bestimmten Verteilnetzbereich (Netzzelle) anregen, ihr Verbrauchsverhalten in eine bestimmte Richtung zu lenken, d.h. den Energiebezug netzdienlich zu verringern oder zu erhöhen. Damit sollen insbesondere **prognostizierte Netzengpässe** innerhalb der Netzzelle proaktiv vermieden werden. Ein weiteres Ziel ist die möglichst optimale **Ausnutzung lokaler EE-Erzeugung**.

Der berechnete Preisoffset wird Energielieferanten zur Verfügung gestellt und kann von diesen mit anderen Tarifkomponenten zu differenzierten Tarifangeboten kombiniert werden. Der Vorhersagezeitraum muss sowohl die Qualität der zugrundeliegenden Prognoseinstrumente als auch die Reaktionsmöglichkeiten auf Seiten der Haushalte berücksichtigen. Als Ausgangspunkt ist vorgesehen, dass sich der Vorhersagezeitraum und der Anstoß eines neuen Berechnungsdurchlaufs an den Prozessen des Day-ahead Markts orientieren.

Um eine möglichst **gute Übertragbarkeit der Projektergebnisse** zu ermöglichen, sollen alle Informationsströme über eine **Middleware** geleitet und nicht direkt zwischen verschiedenen Teilsystemen ausgetauscht werden. Durch Standardisierung der Schnittstellen zwischen Middleware und Teilsystemen, können Veränderungen in einzelnen Teilsystemen oder deren Austausch ohne großen Einfluss auf die sonstige Systemlandschaft umgesetzt werden. Auch sind zukünftige Anforderungen, wie z.B. Zugriffsbeschränkungen oder Rollendefinitionen durch die Middleware grundsätzlich abbildbar.

Ein weiterer Beitrag zur Übertragbarkeit der Projektergebnisse wird durch den Einsatz von SGAM (Smart Grid Architecture Model) als standardisiertes Beschreibungssystem geleistet. Durch diese eingesetzte Methode des Model-based Systems Engineering (MBSE) werden Informationsflüsse und Verarbeitungsprozesse systematisch erstellt und dokumentiert und dienen als Ausgangslage für die in DynaNet zu realisierende BaSyx-Middleware.

Die verschiedenen Themenbereiche werden nachfolgend näher erläutert. Das Zielbild beschränkt sich dabei auf Grundprinzipien, die einen Rahmen für die Entwicklungsarbeiten im Projekt darstellen. Die genaue Beschreibung der Abläufe wird im Zuge der Projektarbeit separat dokumentiert.

3. Vorgehen

Kernelemente der Entwicklungsarbeiten in DynaNet sind einerseits der Offset-Preisgenerator und gleichzeitig die dynamische Abgrenzung sog. „Netzzellen“ in Abhängigkeit von temporären Netzengpässen. Die im Offset-Preisgenerator erzeugten dynamischen Preissignale sollten das Netzbezugs- bzw. Einspeiseverhalten der Haushalte in den Netzzellen in einem Ausmaß beeinflussen, dass die prognostizierten Netzengpässe vermieden werden.

Der Strompreis eines Haushalts setzt sich aus einer Vielzahl von Komponenten zusammen.

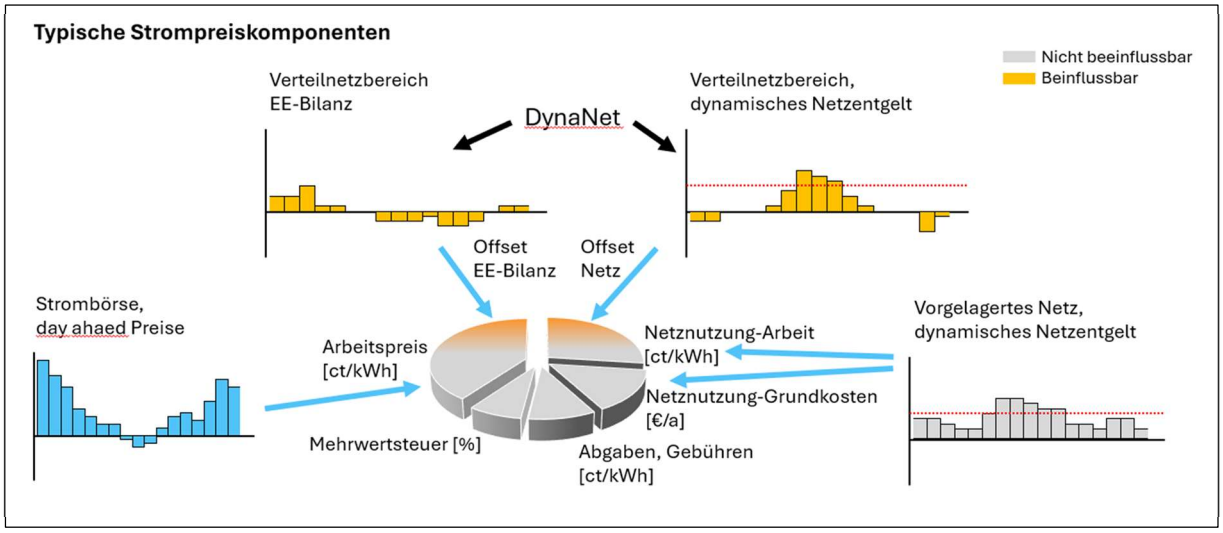


Abbildung 2: Komponenten der dynamischen Tarifbildung

In einem typischen zeitvariablen Stromtarif werden derzeit die Beschaffungspreise am Day-ahead Markt zuzüglich einer Marge weitergereicht. Mit dem AgNes-Verfahren wird angestrebt, dass die Netzentgelte ebenfalls zeitvariabel gestaltet werden. Derzeit werden vom AgNes-Verfahren aber nur die Netzebenen 1 bis 4 (Höchstspannung bis Transformation auf Mittelspannung) umfasst, während die Entgelte der Ebenen 5 bis 7 (Mittelspannung bis Niederspannung) zunächst noch konstant bleiben sollen. Zusätzliche Preisbestandteile bestehen in verschiedenen Abgaben, Umlagen und Gebühren sowie Steuern.

Der Entwicklungsansatz von DynaNet besteht darin, die bisherigen Strompreisbestandteile durch Anreizkomponenten (**Preisoffsets**) zu ergänzen, die die spezielle Situation im Niederspannungsverteilnetz berücksichtigt. Diese Preisoffsets fließen in die Bildung eines dynamischen Tarifangebots an Haushaltskunden ein. Die Preisoffsets können sowohl positive als auch negative Werte annehmen. Grundsätzlich wirken negative Werte verbrauchsfördernd, d.h. der Bezug von elektrischer Energie steigt an, positive Werte verbrauchssenkend, d.h. der Bezug von elektrischer Energie wird reduziert.

Mit einem **Netz-Preisoffset** zielt DynaNet auf die proaktive Vermeidung prognostizierter Engpässe[2] im Verteilnetz. Ein Netzengpass grenzt einen überlasteten Netzbereich (**„Netzzelle“**) vom Rest des Verteilnetzes ab (vgl. Abbildung 3). Liegen an mehreren Stellen im Betrachtungsraum gleichzeitig Engpässe vor, werden entsprechend mehrere Netzzellen gebildet. Der Preisoffset-Kalkulator errechnet abhängig vom Ausmaß der Überlastung einer Netzzelle einen Preisoffset, um den das Netzentgelt der Kunden in dieser Netzzelle verändert wird. Durch das

[2] Vereinfachend werden in DynaNet sowohl strombasierte Überlastungen von Netzbetriebsmitteln als auch Spannungsbandverletzungen als Netzengpässe bezeichnet.

damit induzierte geänderte Verbrauchsverhalten soll der prognostizierte Netzengpass vermieden werden. Der Netz-Preisoffset kann für verschiedene Netzzellen unterschiedlich sein, ist innerhalb einer Netzzelle aber für alle Haushalte gleich.

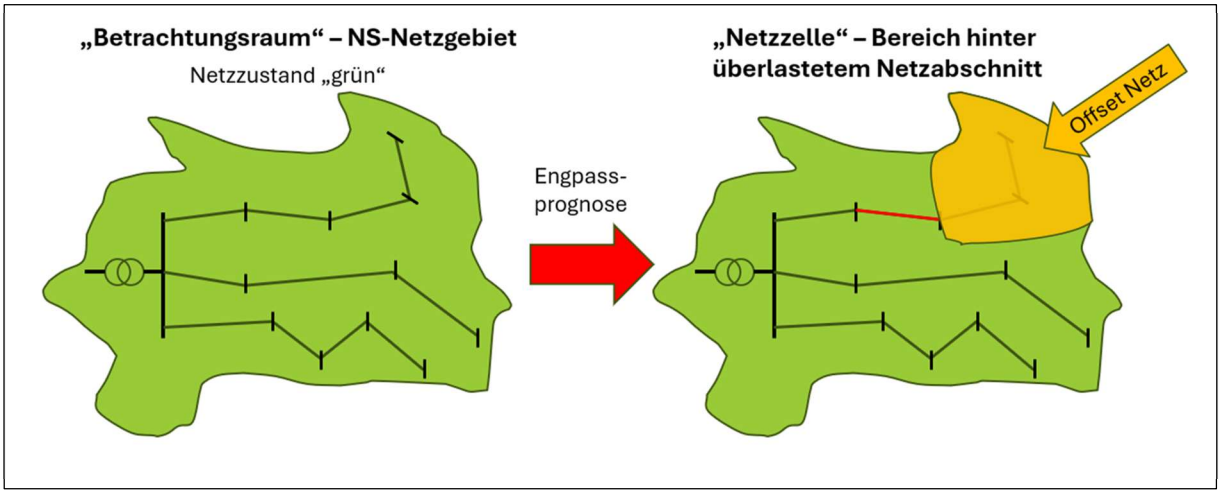


Abbildung 3: Schematische Bildung von Netzzellen hinter überlasteten Netzbetriebsmitteln

Mit einem **EE-Preisoffset** soll die lokale Nutzung lokal erzeugter erneuerbarer Energien angereizt werden. Basis hierfür ist die prognostizierte Differenz zwischen lokaler EE-Erzeugung und dem Gesamtverbrauch im Betrachtungsraum. Innerhalb des Betrachtungsraums wird bezüglich des EE-Preisoffsets nicht nochmals räumlich differenziert, d. h. alle Haushalte im Betrachtungsraum erhalten den gleichen EE-Preisoffset. Der EE-Preisoffset verändert den Strom-Arbeitspreis im Stromtarif des Kunden.

Um die gewünschten Steuerungseffekte zu erzielen, müssen die Preisoffsets einen ausreichenden Anteil am Gesamtstrompreis ausmachen. Gleichzeitig ist zu beachten, dass Netz- und EE-Preisoffset je nach Situation gleich- oder gegenläufig sein können und sich in der Abrechnung beim Kunden in verschiedenen Rechnungspositionen niederschlagen. Aufgrund der Bedeutung eines stabilen Netzbetriebs wird im Projekt DynaNet der Netz-Preisoffset mit erster Priorität behandelt. Mittelfristig könnte sich aus dem AgNes-Prozess mit der Einführung von Einspeisenetzentgelten eine Alternative zum EE-Preisoffset ergeben, die zusammen mit dem Netz-Preisoffset in die Netzentgelte eingehen würde.

Eine der wesentlichen Forschungsfragen im Projekt beschäftigt sich damit, welche Höhe der Preisoffsets unter welchen Bedingungen „ausreichend“ ist, um eine Steuerungswirkung zu entfalten. Hierfür sind zahlreiche Parameter zu berücksichtigen. Neben der Höhe der sonstigen Preisbestandteile im Tarif werden die mit der zu erzielenden Verbrauchsverhaltensänderung in den Haushalten möglicherweise aktuell verbundenen Komforteinschränkungen eine große Rolle spielen. Entsprechende sozioökonomische Untersuchungen bilden ein eigenes Arbeitspaket im Projekt.

EE-Preisoffset und Netz-Preisoffset fließen in die Tarifbildung des Energielieferanten ein. Der Offset-Preisgenerator sollte daher entweder in die Systeme eines Energielieferanten integrierbar sein oder als Dienstleistung in Anspruch genommen werden können.

Der dynamische Tarif wird den Haushalten unter Nutzung der dafür regulatorisch vorgesehenen Prozesse (z.B. TAF7) durch ihren Versorger übermittelt.