

FFE

Altdorfer Flexmarkt (ALF)

Use Case Beschreibung

Gefördert durch:



SINTEG
SCHAUFENSTER INTELLIGENTE ENERGIE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

2020

Altdorfer Flexmarkt (ALF)

Use Case Beschreibung

Herausgeber:

FfE Forschungsstelle für
Energiewirtschaft e.V.

Am Blütenanger 71, 80995 München
+49 (0) 89 158121-0
info@ffe.de
www.ffe.de

Teilbericht im Projekt:
C/sells

Veröffentlicht am:

04.08.2020

FfE-Auftragsnummer:

BMWi-39

Bearbeiter/in:

Zeiselmair, Andreas
Estermann, Thomas
Köppl, Simon
Faller, Sebastian

Wissenschaftlicher Leiter:

Prof. Dr.-Ing. U. Wagner

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. W. Mauch

Projekt-Manager:

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. R. Corradini

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Förderkennzeichen:

03SIN121

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Schritt 1: Business Use Case und Use Case Konzept | 4 |
| 1.1 | Geltungsbereich und Ziele geplanter Geschäftsdienste..... | 4 |
| 1.2 | Geschäfts- oder Handlungsnutzen im Use Case | 5 |
| 1.2.1 | Akteure, Rollen und Verantwortlichkeiten..... | 7 |
| 1.2.2 | Rahmenbedingungen aus Politik, Regulierung (legislativ, regulatorisch, technisch) | 9 |
| 1.2.3 | Geschäftsdienste und Prozesse im Use Case | 12 |
| 2 | Schritt 2: Prozess- und Systembeschreibung..... | 13 |
| 2.1 | Prozessabläufe, Komponenten und Funktionsgruppen | 13 |
| 2.2 | Informationsobjekte | 17 |
| 2.3 | Beschreibung Systeme aus Systemen..... | 19 |
| 3 | Schritt 3: Ablaufspezifikation (Sequenz-diagramme), Prozessabläufe & Funktionen | 20 |
| 3.1 | Limitierungen; Erstellung eines Regelwerks für jeden relevanten NVP | 21 |
| 3.2 | Initialisierung Flex-Plattform | 22 |
| 3.3 | Initiale Netzdaten hinterlegung und Initialisierung der Netzsicherheitsrechnung | 23 |
| 3.4 | Registrierung Flex-Anbieter | 26 |
| 3.5 | Registrierung Flex-Option (inkl. Verortung Flex-Option und Meldung)..... | 28 |
| 3.6 | Angebotserstellung | 31 |
| 3.7 | Bestimmung und Übermittlung Flex-Bedarf (Day-Ahead-Planung der Netzsituation unter Berücksichtigung der Fahrpläne) | 35 |
| 3.8 | Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung für Anlagen mit Langzeitkontrahierung | 37 |
| 3.9 | Matching..... | 39 |
| 3.10 | Prüfung der Fahrpläne auf hinterlegte Regelwerke..... | 40 |
| 3.11 | Abrufübertragung und Prüfung der Schaltanfragen auf Zulässigkeit..... | 41 |
| 3.12 | Meldung über Schalthandlung | 43 |
| 3.13 | Settlement (Dokumentation, Erbringungsnachweis und Abrechnung) | 43 |
| 4 | Literaturverzeichnis | 45 |

Use Case Beschreibung Altdorfer Flexmarkt (ALF)

Version: 1.0, 04.08.2020

Basisliteratur zur Erstellung:

/FFE-07 20/, /FFE-28 20/, /FFE-33 18/, /FFE-63 19/, /BDEW-103 16/, /BNETZA-123 17/, /DGT-01 17/, /DSU-01 16/,
/ENTSOE-03 17/, /FAL-01 18/, /FFE-35 18/, /FFE-48 18/, /ÜNB-12 18/

1 Schritt 1: Business Use Case und Use Case Konzept

Zur transparenten Dokumentation der Entwicklung des Altdorfer Flexibilitätsmarkts wird im Folgenden die Prozessmodellierung eingesetzt. Abhängig von dem Modellierungsziel einzelner Schritte werden unterschiedliche Modelle genutzt. /FAL 01 18/ Im Folgenden soll das Konzept des Use Cases, die Geschäftsdienste sowie der Geschäfts- oder Handlungsnutzen erläutert werden.

1.1 Geltungsbereich und Ziele geplanter Geschäftsdienste

Der Altdorfer Flexmarkt (ALF) ist die Demonstration einer Markt- und Koordinationsplattform für dezentrale Flexibilität zur Nutzung im Netzengpassmanagement. ALF dient als neuer Baustein im Netzengpassmanagement der Erschließung und marktbezogenen Nutzung von Flexibilität (siehe Abbildung 1-1). Über sog. Flex-Angebote bieten Flex-Anbieter ihre Anlagen auf der Plattform an. Netzbetreiber als Flex-Nachfrager mit einem Bedarf an Flexibilität fragen diese nach, um Netzengpässe zu lösen. Die Flex-Plattform übernimmt die kosteneffiziente Allokation von Angebot und Nachfrage. Die Anbindung und Erschließung der Flex-Optionen basiert auf der digitalen Infrastruktur, welche mit Smart Meter Rollout zur Verfügung gestellt wird.

Flex-Anbieter stellen sog. **Flex-Angebote** auf der Plattform ein bzw. geben ihre Flex-Option zur Nutzung frei, wenn sie selbst ihre Anlage nicht aktiv vermarkten. Wird von einem Flex-Nachfrager ein Bedarf an Flexibilität festgestellt, kann dieser einen **Flex-Bedarf** mit spezifischer Verortung des Problems einstellen. ALF übernimmt das Matching von Flex-Bedarf und Flex-Angebot und die darauffolgende Abrufentscheidung unter Berücksichtigung der Angebots-Randbedingungen. Zudem sind auf der Plattform durch den Netzbetreiber Limitierungen hinterlegt, die vermeiden sollen, dass Flexibilitätsabrufe zur Lösung eines Netzengpasses einen anderen Engpass verursachen (vgl. Abbildung 1-1). Als Flex-Anbieter können alle Besitzer bzw. Betreiber von Erzeugungs-, Verbrauchs- und Speicheranlagen auftreten, die ihre Einspeise- oder Entnahmeleistung bei Bedarf gezielt anpassen können. Unterschieden wird dabei in Flex-Anbieter von Anlagen mit und ohne aktiver Vermarktung.



Abbildung 1-1: Grundsätzlicher Aufbau des Altdorfer Flexmarkts und Zusammenspiel von Flex-Option und Flex-Nachfrager

1.2 Geschäfts- oder Handlungsnutzen im Use Case

Das sog. „Platform Business Model Canvas“ bietet eine anschauliche Möglichkeit, plattformbasierte Geschäftsmodelle zu visualisieren. /DGT-01 17/, /DSU-01 16/, /FAL-01 18/ Ein solches, ausgefüllt für den Altdorfer Flexibilitätsmarkt, ist in Abbildung 1-2 dargestellt. Dabei konnten vier Gruppen von Akteuren identifiziert werden, die bei Nutzung und Betrieb der Plattform beteiligt sind: Netzbetreiber, Flex-Anbieter (von Anlagen mit und ohne aktiver Vermarktung) und Plattformbetreiber.

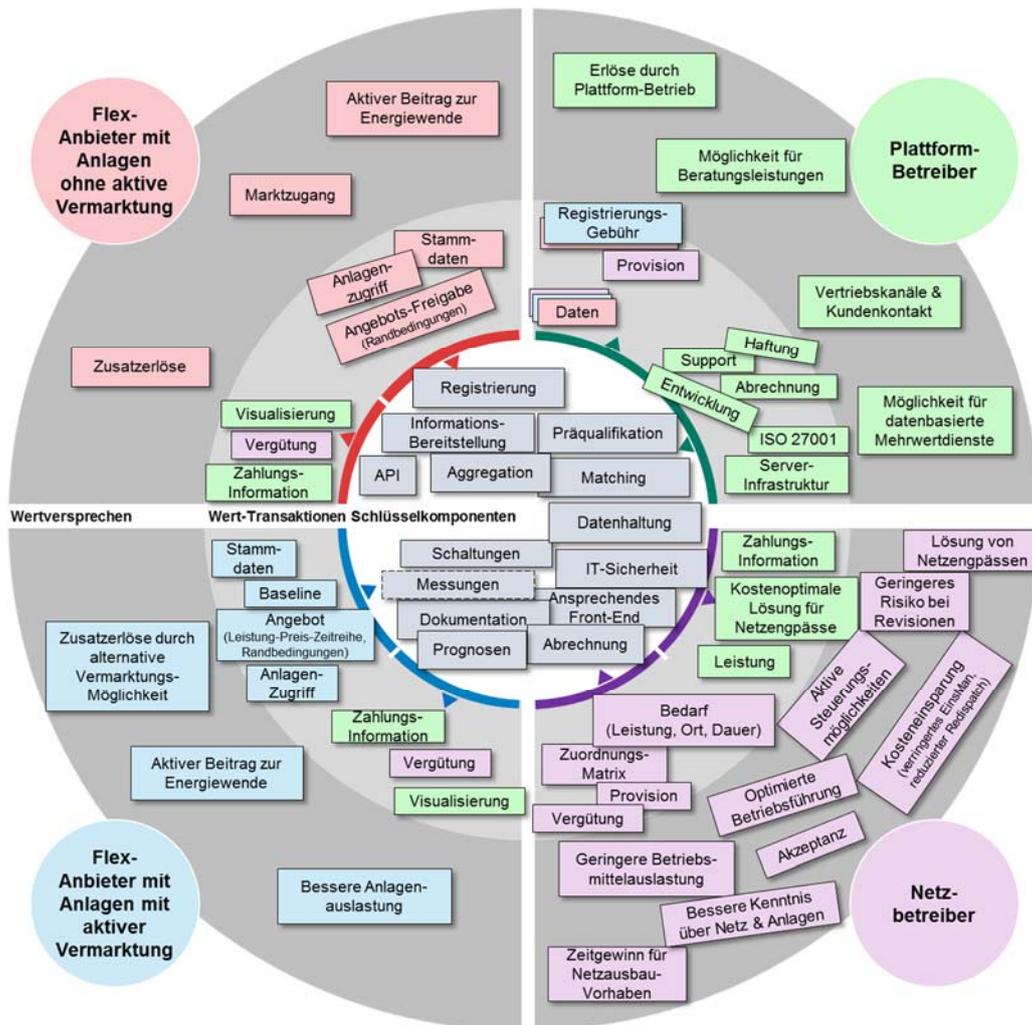


Abbildung 1-2: Platform Business Model Canvas für ALF

Netzbetreiber

ALF bietet Netzbetreibern eine zusätzliche marktbezogene Maßnahme zur präventiven Lösung von Netzengpässen im Kontext von Betriebsplanungsprozessen. Dies reduziert folglich auch die Kosten für Notfallmaßnahmen, da diese durch die Nutzung vorhandener Flexibilität über ALF weniger häufig zum Einsatz kommen. Der Einsatz von Flexibilität kann zudem verhindern, dass Netze bis auf das „letzte Kilowatt“ ausgebaut werden müssen. Leistungsspitzen können so über die Nutzung von Flexibilität abgefangen werden. Die reduzierten Kosten für Notfallmaßnahmen wirken sich folglich positiv auf die Netzentgelte aus, welche auf die Letztverbraucher umgelegt werden. Ein weiterer wesentlicher Mehrwert für den Netzbetreiber ist die bessere Kenntnis seines Netzgebiets durch zusätzliche Informationen und die spezifische Visualisierung der ALF-Prozesse.

Flex-Anbieter

Die Anreize für Flex-Anbieter, um auf der Plattform teilzunehmen, umfassen alternative Vermarktungsmöglichkeiten und kürzere Amortisationszeiten aufgrund von Zusatzerlösen sowie der aktive Beitrag zur Energiewende bei relativ geringem Aufwand. Die niedrige Einstiegshürde zur Teilnahme vereinfacht die Partizipationsmöglichkeiten auch kleinerer Akteure.

Plattformbetreiber

Von welchem Akteur bzw. welcher energiewirtschaftlichen Rolle die Flex-Plattform in Zukunft betrieben wird, ist noch nicht abschließend geklärt. Wenn eine Plattform jedoch im Energiesystem etabliert ist, beinhalten die Wertversprechen für einen Plattformbetreiber potenziell u. a. ein tragfähiges Geschäftsmodell (ggf. als White Label Lösung), Provisionen für die erfolgreiche Abwicklung, Vertriebskanäle und Kundenkontakt (B2B) durch unterschiedliche Teilnehmer auf der Plattform. Auf Basis der Daten können weiter datenbasierte Geschäftsmodelle (Auswertungen, Analysen) entwickelt und Mehrwertdienstleistungen (z. B. Beratungsdienstleistungen) für die Plattformnutzer angeboten werden.

1.2.1 Akteure, Rollen und Verantwortlichkeiten

Bei der Modellierung von Use Cases ist eine konsistente Anwendung und Beschreibung relevanter Rollen notwendig. Hierbei kann die Rollenbeschreibung als eine Zuordnung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten verstanden werden. Die im Folgenden definierten Rollen bieten die Grundlage für die Analyse des Use Cases. In Tabelle 1-1 werden diese Rollen eingeordnet; Tabelle 1-2 listet zudem die betroffenen Akteure auf.

Tabelle 1-1: Beteiligte Rollen im Use Case

| Rollen / Stakeholder | Rollenbeschreibung (Verantwortlichkeit) | Nutzen (Wertversprechen) für Akteure |
|---|---|--|
| Einsatzverantwortlicher (EIV) | Der Einsatzverantwortliche ist verantwortlich für den Einsatz einer technischen Ressource (TR) und die Übermittlung ihrer Fahrpläne (bdew) /BDEW-103 16/. | Zusätzliche Erlösquelle zur Vermarktung von technischen Ressourcen. |
| Aggregator | Nach /BNETZA-123 17/ ist der Aggregator definiert als „Anbieter auf einem Markt, der die TE (technische Einheit) des LV (Letztverbrauchers) aufgrund eines Vertrags mit dem LV für die Erbringung von Regelleistung nutzt“. Diese Definition kann um die Vermarktung an weiteren Märkten (inkl. der Flexibilitäts-Plattform) ergänzt werden. Im eBIX/EFET/ENTSO-E Role Model kann diese Rolle als Energy Service Company eingestuft werden. /ENTSOE-03 17/ | Zusätzliche Erlösquelle bei der Vermarktung von technischen Ressourcen. |
| Lieferant | Der Lieferant ist verantwortlich für die Belieferung von Marktlokationen, die Energie verbrauchen, und die Abnahme von Energie von Marktlokationen, die Energie erzeugen. Der Lieferant ist finanziell verantwortlich für den Ausgleich zwischen den bilanzierten und gemessenen Energiemengen von den nach Standardlastprofil bilanzierten Marktlokationen. /BDEW-103 16/ | Mehrwertdienste, Lieferung/Abnahme von Elektrizität |
| Bilanzkreisverantwortlicher (BKV) | Der Bilanzkreisverantwortliche ist in Marktgebieten oder Regelzonen für den energetischen und finanziellen Ausgleich seiner Bilanzkreise verantwortlich. /BDEW-103 16/ | |
| Regulierungsbehörde | Organ der Legislative zur Überwachung energiewirtschaftlicher Prozesse im regulierten Umfeld und die Aufrechterhaltung und der Förderung des Wettbewerbs in sogenannten Netzmärkten. | |
| Flexibilitätsanbieter (Flex-Anbieter) | Alle Rollen mit Legaldefinition, die Flexibilität auf der Plattform zum Kauf anbieten können. Diese umfassen den Einsatzverantwortlichen, Anschlussnutzer und Aggregator. | Zusätzliche Erlösquelle bei der Vermarktung von technischen Ressourcen. |
| Flexibilitätsnachfrager (Flex-Nachfrager) | Alle Rollen mit Legaldefinition, die Flexibilität auf der Plattform nachfragen können. Diese umfassen insb. Netzbetreiber. Konzeptionell wäre auch eine Nachfrage durch Bilanzkreisverantwortliche denkbar. | Flexibilität, insb. zur Lösung von Netzengpässen (Netzbetreiber) |
| Betreiber der Flexibilitätsplattform | Betreiber der Flexibilitätsplattform, welcher für Wartung, Support, Weiterentwicklung, IT-Sicherheit, Serverinfrastruktur und Personal verantwortlich ist. | Erlösmöglichkeiten durch Plattformbetrieb. |
| Messstellenbetreiber | Der Messstellenbetreiber ist verantwortlich für den Einbau, den Betrieb und die Wartung von Geräten, die an der Messlokation für die Ermittlung und Übermittlung von Messwerten notwendig sind. Darüber hinaus ist der Messstellenbetreiber verantwortlich für die Ablesung von Geräten, welche an einer Messlokation zur Ermittlung und Übermittlung von Messwerten notwendig sind. /BDEW-103 16/ | Messdatenlieferung inkl. zusätzlichem Messdatenbedarf durch die Plattform und somit neue Erlösmöglichkeiten. |
| Smart Meter Gateway Administrator (SMGWA) | Der SMGWA ist zuständig für die Einrichtung, Konfiguration, Installation und den Betrieb von intelligenten Messsystemen (iMsys) sowie für die Bereitstellung und das Management der Schnittstelle für sogenannte externe Marktteilnehmer (EMT). | Verwaltung der Zugriffsrechte der beteiligten Akteure inkl. der Anfragen durch die Plattform. |

| | | |
|---|---|--|
| Aktiver externer Marktteilnehmer (aEMT) | Die Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung im Rahmen der Smart Meter Infrastruktur ist nicht für jeden beliebig möglich. Manche Parteien (wie z. B. Netzbetreiber, Messstellenbetreiber oder Energielieferanten) sind explizit nach Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) für den Umgang mit Daten berechtigt, da sie diese für die Erfüllung ihrer Aufgaben benötigen. Dies trifft nicht auf andere Zwecke oder Akteure zu. Alle nicht im Gesetz explizit genannten Parteien werden unter dem Begriff „externe Marktteilnehmer“ firmiert. Je nachdem, ob diese nur passiv Daten auslesen möchten oder aktiv auch Anlagen schalten, sind sie an unterschiedlich anspruchsvolle Vorgaben bzgl. der IT-Sicherheit und des Datenschutzes gebunden. Zudem benötigen diese laut § 49 Abs. 2 MsbG für ihre Tätigkeiten eine Einwilligung des Anschlussnutzers. | Zusätzliche Erlösquelle für die Übermittlung von Schaltsignalen und Messwerten. |
| Netzbetreiber (NB) | Die Marktfunktion Netzbetreiber (NB) ist verantwortlich für die Durchleitung und Verteilung von Elektrizität und beinhaltet den Betrieb, die Wartung und den Ausbau des jeweiligen Netzes. Dies können Übertragungsnetze mit Spannungen von 380 und 220 kV und Verteilnetze mit Spannungen von kleiner gleich 110 kV sein. Ziel des Betriebes ist die Versorgung der angeschlossenen Endkunden bzw. Weiterverteiler mit Elektrizität. Im Netzgebiet sind Marktlokationen und Messlokationen direkt angeschlossen und deren Stammdaten werden vom NB verwaltet. Auch die Erstellung von abrechnungs- und bilanzierungsrelevanten Bewegungsdaten dieser Lokationen ist Aufgabe des NB. Diese Daten werden vom NB als Basis für die Bilanzkreisabrechnung aggregiert und allokiert. Für die den Objekten zuordenbaren Rollen trägt der NB die Verantwortung der Verwaltung. Der Netzbereiter kann in verschiedenen Ebenen des Stromnetzes aktiv sein. /SCHEL-01 16/, /BDEW-103 16/, /FAL-01 18/ | Marktliche Beschaffung von Flexibilität zur Lösung von Netzengpässen auf der Verteil- und Übertragungsebene. |
| Anschlussnetzbetreiber (ANB) | Netzbetreiber, welcher für den Anschluss der Anlage zum Verteilnetz zuständig ist. Auf der Flex-Plattform übernimmt der ANB die Verortung der Anlagen im Netz. | |
| Verteilnetzbetreiber (VNB) | Unter einem VNB (Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen) wird eine Organisation, welche die Aufgabe der Verteilung von Elektrizität wahrnimmt und für den Betrieb, die Wartung sowie erforderlichenfalls den Ausbau des Verteilnetzes in einem bestimmten Gebiet verantwortlich ist, verstanden § 3 Nr. 3 EnWG. /FAL-01 18/ Dieses bestimmte Gebiet kann im Regelfall als sein BG verstanden werden /ÜNB-12 18/. | |
| NB_Ebene_n | Netzbetreiber, welcher für das Netz der Ebene n zuständig ist. | |
| Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) | Der Übertragungsnetzbetreiber ist ein Betreiber eines Netzes, das regelzonen- und grenzüberschreitende Verbindungen in andere Übertragungsnetze aufweist. Der Übertragungsnetzbetreiber ist zuständig für die Systemsicherheit. /BDEW-103 16/ | |

Tabelle 1-2: Beteiligte Akteure im Use Case

| Akteur (Vertreter einer Partei, die an einer Transaktion teilnimmt) | Akteursbeschreibung (Benennung der bei Transaktionen ausgeführten Funktionen) |
|---|---|
| Mitarbeiter der Leitwarte (VNB) | Netzberechnung und Bedarfsermittlung für Netzengpässe in der Verteilnetzebene. Stellt die benötigte Bedarfszeitreihe (Zeit, Ort, Leistungswert) zur Lösung von Netzengpässen auf der Plattform ein. |
| Mitarbeiter der Leitwarte (ANB) | Verortet die angemeldeten Anlagen im Netz und stellt die Netzzuordnungsmatrix auf die Plattform. Netzberechnung und Bedarfsermittlung für Netzengpässe in der Verteilnetzebene des ANB. Stellt die benötigte Bedarfszeitreihe (Zeit, Ort, Leistungswert) zur Lösung von Netzengpässen auf der Plattform ein. |
| Mitarbeiter der Leitwarte (ÜNB) | Netzberechnung und Bedarfsermittlung für Netzengpässe in der Übertragungsnetzebene. Stellt die benötigte Bedarfszeitreihe (Zeit, Ort, Leistungswert) zur Lösung von Netzengpässen auf der Plattform ein. |
| Betreiber einer Flex-Option (Flex-Anbieter, Anschlussnehmer/-nutzer/EIV/Aggregator) | Registriert sich auf der Flex-Plattform und hinterlegt Rahmendaten, Preise und verfügbare Flexibilität. Erteilt ggf. Schaltberechtigungen an die Plattform. |
| Dispatcher | Liefert regelmäßige Baselines für angebotene Anlagen. |

1.2.2 Rahmenbedingungen aus Politik, Regulierung (legislativ, regulatorisch, technisch)

Der Bereich der Stromnetze ist durch Regulierung gekennzeichnet. Um politische und regulatorische Einflussfaktoren zu identifizieren, wurden diese in Tabelle 1-4 aufgelistet.

Speziell für den Altdorfer Flexmarkt ist die Regulierung in Bezug auf Engpassmanagement-Prozesse entscheidend. Die Ursache von Netzengpässen liegt meist in der gleichzeitigen Einspeisung vieler Erzeugungsanlagen (bspw. PV- und Windkraftanlagen) oder perspektivisch der Leistungsaufnahme einer großen Zahl von Verbrauchern (bspw. Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen). Ein Netzengpass kann jedoch auch durch notwendige Revisionsarbeiten, planmäßige Abschaltungen für Wartung und Inspektion oder spezielle Ereignisse mit besonderen Leistungsanforderungen (große Sonderverbraucher, z. B. bei einem Volksfest) entstehen. Die Folge ist eine erhöhte Belastung einzelner Netzkomponenten, bis hin zur Überlastung. Eine regelmäßige oder dauerhafte Überschreitung der Betriebsgrenzen kann schließlich zu erhöhtem Verschleiß und ggf. dem Ausfall einzelner Komponenten führen. Es liegt folglich im Interesse des Netzbetreibers, die Belastung seiner Anlagen unterhalb kritischer Grenzen zu halten. Netzbetreiber verfügen hierzu bereits heute mit dem sog. **Engpassmanagement** über betriebliche Möglichkeiten, um in kritischen Belastungssituationen in ihrem Netz einzugreifen. Die Mechanismen zum Umgang mit Netzengpässen gliedern sich in drei Phasen, die im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) gesetzlich verankert und in Tabelle 1-3 dargestellt sind.

Tabelle 1-3: Gesetzliche Vorgaben zu Engpassmanagement-Prozessen

| | Übertragungsnetzbetreiber | Verteilnetzbetreiber |
|---|--|--|
| Netzbezogene Maßnahmen (§ 13 Abs. 1 EnWG) | Netztopologiemassnahmen | |
| Marktbezogene Maßnahmen (§ 13 Abs. 1, § 14 a EnWG, AbLaV) | Redispatch, Countertrading | Steuerbare Verbrauchseinrichtungen in Niederspannung (§ 14 a EnWG) |
| | Abschaltbare und zuschaltbare Lasten (AbLaV) | |
| | Netz- und Kapazitätsreserve (national) | |
| | Netzreserve (international) | |
| Notfallmaßnahmen (§ 13 Abs. 2 EnWG) | Einspeisemanagement | |
| | Kaskadierte Anlagensteuerung | |

Netzbezogene Maßnahmen

Als ersten Schritt zur Vermeidung von drohenden oder zur Verringerung bestehender Netzengpässe sind Netzbetreiber nach § 13 Abs. 1 EnWG dazu verpflichtet, topologische Maßnahmen in ihrem Netz einzusetzen. Dabei wird die Netztopologie durch das Öffnen oder Schließen von Netzschaltern beeinflusst und so die Belastungen durch einen modifizierten Stromfluss verändert und ggf. reduziert.

Marktbezogene Maßnahmen

Netzbetreiber dürfen nur in die Erzeugung eingreifen, wenn sie nach dem Ausschöpfen aller möglichen topologischen Maßnahmen eine Gefährdung oder Störung nicht verhindern können. Netzbetreiber verfügen selbst aufgrund der Entflechtung über keine Erzeugungs- oder Verbrauchsanlagen. Daher sind sie auf die Schaltung extern betriebener Anlagen angewiesen.

Marktbezogene Maßnahmen sind im Gesetz beschrieben (§ 13 Abs. 1 EnWG). **Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)** haben hier eine Reihe an Möglichkeiten, um in die Fahrpläne von Kraftwerken einzugreifen:

- **Redispatch:** Bei Redispatch werden Erzeugungsanlagen mit mehr als 10 MW Leistung vor und hinter einem Netzengpass so angepasst, dass sich die über die Leitung transportierte Leistung reduziert.
- **Countertrading:** Beim Countertrading können Übertragungsnetzbetreiber auf Märkten, die einen Handel bis kurz vor Erbringung ermöglichen (Intraday-Handel), Strom kaufen oder verkaufen, um Netzengpässe zu beseitigen.
- **Nutzung von abschaltbaren und zuschaltbaren Lasten:** Die Nutzung von „abschaltbaren und zuschaltbaren Lasten“ erfolgt unter vertraglich festgelegten Randbedingungen. Dabei werden regelmäßig Anlagen über eine Ausschreibung marktlich beschafft, welche über eine gewisse Zeit ihren Leistungswert im Sinne eines Netzengpasses aktiv anpassen können.
- **Netzreserve:** Im Rahmen der Netzreserve werden Erzeuger als systemrelevant eingestuft und speziell für Netzengpässe vorgehalten, anstatt diese stillzulegen. Im Bedarfsfall werden diese Anlagen durch die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) eingesetzt, um Netzengpässe ähnlich wie im Redispatch zu vermeiden. Dies kann sowohl national als auch international erfolgen.

Die Möglichkeiten für **Verteilnetzbetreiber (VNB)**, Netzengpässe marktbezogen zu verhindern, sind im Vergleich zu denen der Übertragungsnetzbetreiber deutlich geringer. So können diese nach dem Ausschöpfen aller netzseitigen Maßnahmen lediglich Verbrauchsanlagen abregeln, die nach den Vorgaben in § 14 a EnWG im

Gegenzug eine statische Verringerung von Netzentgelten erhalten. Bei erzeugungsbedingten Netzengpässen haben Verteilnetzbetreiber derzeit keinerlei Möglichkeiten, marktbezogene Maßnahmen zu nutzen.

Notfallmaßnahmen

Kann ein Netzengpass weder über netz- noch marktbezogene Maßnahmen verhindert werden, kommt es zu Notfallmaßnahmen. Nach § 13 Abs. 2 EnWG können Netzbetreiber sukzessive erneuerbare Erzeugungsanlagen im Rahmen des Einspeisemanagements abschalten. Ist auch dies nicht ausreichend, können schrittweise Anlagen und Netzstränge vom Netz getrennt werden, um Gefährdungen oder Störungen zu beseitigen.

Eine Auflistung weiterer Rahmenbedingungen aus Politik und Regulierung sind in Tabelle 1-4 zu finden.

Tabelle 1-4: Rahmenbedingungen aus Politik und Regulierung

| Rahmenthema | Wirkung des Themas auf den Anwendungsfall | Verweise auf Gesetze und Regelungen |
|--|---|---|
| Datenschutz | Speicherung von Bewegungs- und Stammdaten auf der Plattform. Weitergabe des Netzverknüpfungspunktes und der Zuordnungsmatrix durch den ANB an die Plattform. Einwilligung des Anschlussnutzers zur Erhebung von personenbezogenen Daten und Schaltberechtigung von Flexibilität notwendig. | Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG. §§ 4a, 49 BDSG zur Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten |
| Erschließung und technische Verfügbarkeit von Kleinanlagen (§14a EnWG) | Derzeit steht die Flexibilität von steuerbaren Anlagen in der Niederspannung dem Netzbetreiber lediglich nach §14a EnWG zur Verfügung. | §14 a Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. |
| Abrechnung (§ 13, Anlage 2 StromNEV) | Fehlende Kostenstelle zur Abrechnung von Kosten durch Flexibilität beim VNB. | §13 Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen. |
| ARegV | Fehlender Anreiz zur Nutzung von Flexibilität als aufwandsgleiche Kosten. | Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze. |
| Gelbe Ampelphase | Fehlende Legaldefinition der gelben Ampelphase. | DIN EN 50160 |
| Flexibilitätsplattformen | Allgemein ist die Rolle von Flexibilitätsplattformen und -Betreibern in der Regulierung derzeit ungeklärt. | |

1.2.3 Geschäftsdienste und Prozesse im Use Case

Um einen Überblick über die Geschäftsdienste und Prozesse zu erhalten, wurde die Flex-Plattform im e³-Value Modell dargestellt. Dabei werden die beteiligten, bereits identifizierten Akteure sowie deren Interaktionen veranschaulicht (siehe Abbildung 1-3). Die Netzbetreiber, welche als Flex-Nachfrager auftreten, können in Anschlussnetzbetreiber (ANB) und Netzbetreiber n-ter Ordnung (also Verteil-, VNB und Übertragungsnetzbetreiber, ÜNB) unterteilt werden.

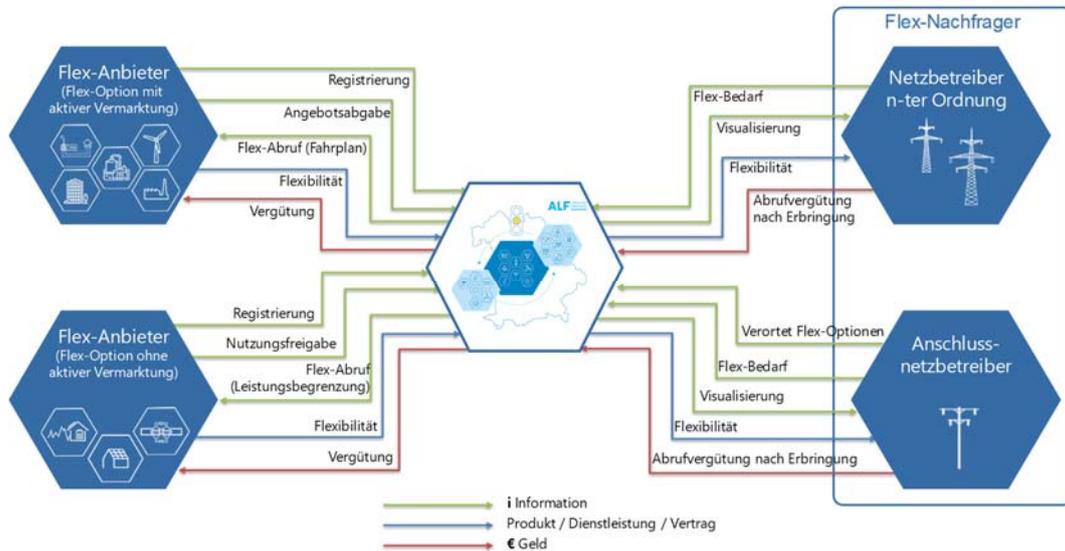


Abbildung 1-3: e³-value von ALF

Zur Übergabe des Bedarfs übermittelt der Netzbetreiber Leistung, Ort und Dauer des Netzengpasses (= Flex-Nachfrage) an ALF. Flex-Angebote werden durch die Flex-Anbieter auf ALF hinterlegt. Die auf der Plattform durchgeführte Auswahl passender Angebote und Allokation von Flex-Angebot zu Flex-Bedarf wird als Matching bezeichnet. Eine Herausforderung bei der praktischen Umsetzung besteht dabei hinsichtlich spezifischer Verfügbarkeiten, variabler Preise und weiterer Randbedingungen der Flex-Angebote. So kann z. B. eine Wärmepumpe oder der Ladevorgang eines Elektrofahrzeugs nicht beliebig lange unterbrochen werden, da ansonsten technische Restriktionen eintreten oder Komfort-Einbußen zu erwarten sind.

Auch wirken nicht alle Flex-Optionen auf jeden Netzengpass gleich stark. Um eine Auswahl relevanter Flex-Angebote für einen Flex-Bedarf treffen zu können, ist zudem entscheidend, auf welche Netzbetriebsmittel eine Flex-Option in welcher Weise wirken kann. Daher wird auf ALF die Wirksamkeit auf den Netzengpass bei der Auswahl der Anlagen berücksichtigt und bzgl. des Einflusses auf den Netzengpass gewichtet. Wenn ein Matching unter der Einhaltung aller Randbedingungen erfolgreich stattgefunden hat, werden die ausgewählten Anlagen kontrahiert und zum Erbringungszeitraum – falls der Bedarf nach wie vor besteht – durch die Plattform abgerufen. Nach erfolgreichem Abruf wird die Abrechnung durch die Plattform angestoßen und die Abrufe für spätere Überprüfung dokumentiert.

2 Schritt 2: Prozess- und Systembeschreibung

Das iterative Vorgehen dieser Use-Case Beschreibung mündet in Schritt 2 in einer Beschreibung des konzipierten Systems und den betroffenen Prozessen. Bei dieser Akkumulierung von Erkenntnissen wird im Zuge des Modellpluralismus /FAL-01 18/ eine Konzipierung der Flex-Plattform durch tabellarische Auflistungen und eine Darstellung der Prozessabfolgen geleistet. Eine Beschreibung der einzelnen Prozessschritte sowie deren Vertiefung ist in Schritt 3 und in /FFE-48 18/ zu finden.

2.1 Prozessabläufe, Komponenten und Funktionsgruppen

In Abbildung 2-1 wird der Prozessablauf auf der Flex-Plattform beschrieben. Dieser kann in Plattform Initialisierung und Registrierung, den Day-Ahead-Prozess, Kontrahierungszeitraum und Abrechnungszeitraum aufgeteilt werden. Aufgeschlüsselt nach Teilprozessen erörtert Tabelle 2-1 einzelne Prozesse von ALF. Aus den bereits beschriebenen Prozessen auf ALF ergeben sich Nachrichten, welche als Informationsobjekte ausgetauscht werden. In Tabelle 2-2 werden die ausgetauschten Informationen analysiert und inhaltlich spezifiziert. Diese Informationsobjekte werden anhand von Tabelle 2-3 in ihre Kommunikationsanforderungen aufgeteilt.

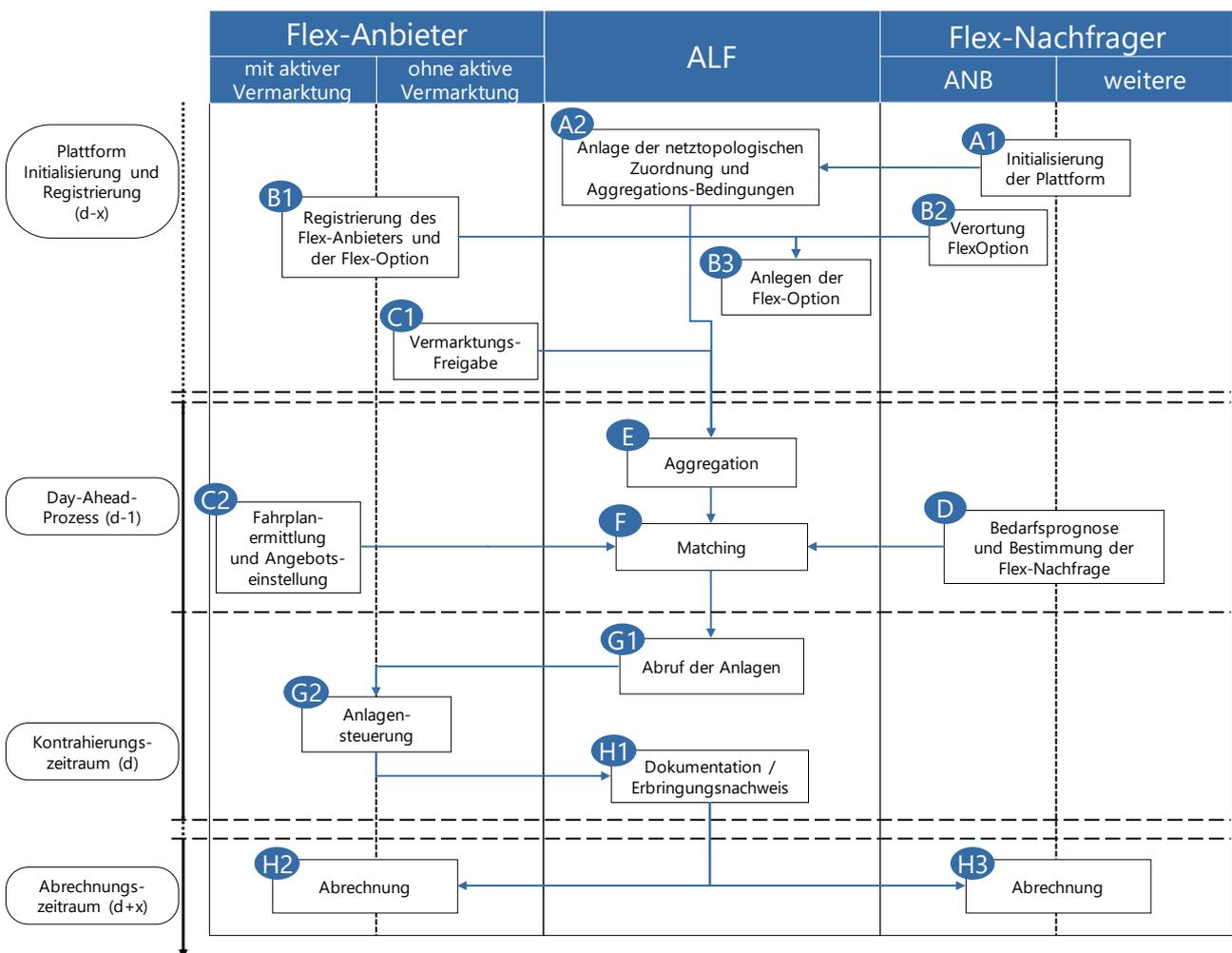


Abbildung 2-1: Prozessablauf des Altdorfer Flexmarkts

Plattform Initialisierung und Registrierung (d-x)

Die **Initialisierung von ALF (A1)** wird durch den Flex-Nachfrager angestoßen. Für die aktive Nutzung der Plattform durch den Netzbetreiber muss zunächst eine netztopologische Zuordnungsmatrix jedes Netzgebietes erstellt werden (**A2**). Diese bildet die netztechnischen Zusammenhänge jedes einzelnen Netzanschlusspunktes zu jedem anderen Netzanschlusspunkt ab und ermöglicht eine Zuordnung einzelner Flex-Optionen in die Netzstruktur. Neben der netztopologischen Zuordnungsmatrix ist es nötig, die technische Wirksamkeit der verbundenen Netzanschlusspunkte zueinander bzw. zu Betriebsmitteln zu hinterlegen. Über eine Effektivitätsmatrix kann ALF später im Matching die netztechnische Wirksamkeit der einzelnen Angebote berücksichtigen. Die zugrundeliegende Wirksamkeit einzelner Netzanschlusspunkte auf alle anderen Netzanschlusspunkte bzw. Betriebsmittel muss je Netztopologie berechnet und der Plattform übergeben werden. Die Netztopologie kann sich durch netzbezogene Maßnahmen verändern. Des Weiteren kann der Netzbetreiber die Randbedingungen für den Abruf von Kleinanlagen entsprechend der Aggregations-Bedingungen festlegen.

Die **Registrierung der Flex-Anbieter und Flex-Optionen (B1)** kann ebenfalls zu beliebiger Zeit geschehen und umfasst Angaben zur Person sowie Anschrift und Rechnungsadresse. Zudem können je Anbieter mehrere Flex-Optionen angelegt werden. Dies ist v. a. dann relevant, wenn ein Anbieter beispielsweise über eine PV-Anlage, ein Elektrofahrzeug, einen Hausspeicher und eine Wärmepumpe verfügt, welche jeweils individuell gesteuert werden können. Für die Registrierung der Flex-Optionen sind einige individuelle technische Angaben erforderlich. ALF ist jedoch so konzipiert, dass gerade bei Kleinanlagen im häuslichen Bereich auch Personen ohne energietechnisches Fachwissen diese ausfüllen können. Demnach verfügt die Plattform über Tipps und Infos zu den jeweils notwendigen Daten. Inwiefern sich dies in der Praxis bestätigt, soll unter anderem im Feldversuch getestet werden. Nachdem Flex-Optionen angelegt wurden, erhält der jeweilige Anschlussnetzbetreiber relevante Informationen, um diese innerhalb seines Netzgebietes zu verorten und einem Netzanschlusspunkt zuzuweisen (**B2**). Auf Basis der Zuordnung kann die Flex-Option später über die Effektivitätsbewertung für einen eingestellten Flex-Bedarf ausgewählt werden. Sind diese Schritte erfolgt, werden die Flexibilitätsoptionen für die Vermarktung freigeschaltet und können auf ALF genutzt werden (**B3**). Flex-Optionen ohne aktive Vermarktung sind nicht ohne erheblichen Aufwand in der Lage, eigene Prognosen oder individuelle Fahrpläne zu liefern. ALF dient hierbei dem Zweck, kleine Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen und deren Flexibilität für die Netze zu nutzen. Ihr Einsatz und ihre Verfügbarkeit wird stochastisch ermittelt.

Um die Einstiegshürde möglichst gering zu halten, wird die Freigabe der Flex-Option ohne aktive Vermarktung als sog. Langzeitkontrahierung durchgeführt. Der Aufwand für die Teilnahme an ALF ist daher für Kleinanlagen nur einmal durch die **Registrierung gegeben (C1)**.

Day-Ahead-Prozess (d-1)

Flex-Optionen mit aktiver Vermarktung verfügen über bereits im Vorfeld geplante Arbeitspunkte, die sog. Baseline. Sie werden beispielsweise für den Stromhandel, direkte Lieferverträge oder das Bilanzkreismanagement benötigt und sind in den Fahrplänen hinterlegt. Dabei handelt es sich sowohl um Anlagen, über deren Einsatz ein Einsatzverantwortlicher entscheidet (> 10 MW Nettonennleistung), als auch um direkt oder über einen Aggregator vermarktete Anlagen. Vermarkter können beurteilen, innerhalb welcher technischer oder wirtschaftlicher Randbedingungen die Anlage für eine bestimmte Zeit ihre Leistung steigern oder reduzieren kann. Die Flex-Anbieter solcher Anlagen können daher ihr Flex-Angebot in Form eines Fahrplans inkl. Baseline auf der Plattform hochladen und Flexibilität individuell anbieten (**C2**). Auch können sie ihren Preis für die Flexibilitätserbringung jeweils festlegen und so individuelle Fahrplanprodukte anbieten.

Auf der Basis digital abgebildeter Netze sowie Last- und Erzeugungsprognosen können Netzbetreiber ihre Netze simulieren, um etwaige Engpässe zu ermitteln. Die Marktprozesse auf ALF werden am Tag vor der Erbringung durchgeführt; es handelt sich also um einen sog. Day-Ahead Prozess. Demnach ist die Ermittlung des Flexibilitätsbedarfs durch den Netzbetreiber sowie die Übergabe an die Plattform spätestens am Vortag

notwendig. Die ermittelte Nachfrage muss in Form eines Leistungswertes inklusive der Netzzuordnung (in Form des betroffenen Netzknotens), eines Erbringungszeitpunktes, einer Erbringungsdauer und (optional) eines Maximalpreises durch den Netzbetreiber am Vortag auf ALF eingestellt werden (D).

Nachdem die Flex-Nachfrage an die Plattform übergeben wurde, findet die **Aggregation** statt (E). Für alle Anlagen ohne aktive Vermarktung eines Typs (z. B. Wärmepumpe) erfolgt hierbei eine Verfügbarkeitsabschätzung. Das Ergebnis dieser Berechnung ist die mit einer gewissen Mindestwahrscheinlichkeit verfügbare Leistung aller aggregierter Anlagen. Ergebnis der Aggregation ist die Ermittlung aller für die Lösung eines Netzengpasses in Frage kommenden langzeitkontrahierten Flex-Optionen. Diese Informationen werden zusammen mit den Kosten, den spezifischen Randbedingungen sowie Effektivitätswerten ins Matching übergeben. Effektivität bezeichnet hier die Auswahl aller Flex-Optionen, welche gemäß der netztopologischen Zuordnungsmatrix einen Einfluss auf den Netzknoten haben, für den ein Bedarf ausgewiesen wurde. Zudem erfolgt eine Berechnung des effektiven Einflusses einer Flex-Option bezüglich des konkreten Netzengpasses. /FFE-35 18/

Eine Herausforderung der Plattform ist es, kosteneffizient Flex-Angebot und Flex-Bedarf im sog. **Matching** zu allokalieren (F). Dies wird vor allem dadurch erschwert, dass Flex-Optionen über gewisse Randbedingungen verfügen und mehrere Nachfrager gleichzeitig oder zeitversetzt Flexibilität benötigen. Um eine bestmögliche Zuordnung von Angebot und Nachfrage zu erreichen, nutzt die Plattform eine gemischt-ganzzahlige Optimierung unter Berücksichtigung der hinterlegten Randbedingungen, effektiven Leistung und Kosten. Diese Optimierung erfolgt für den gesamten Tag und gewährleistet eine kostenoptimale Nutzung der vorhandenen Flexibilität. Nach erfolgreicher Zusammenführung von Flex-Angebot und Flex-Bedarf werden der Abruf der Flex-Optionen kontrahiert und alle Beteiligten über das erfolgreiche Matching in Kenntnis gesetzt.

Kontrahierungszeitraum (d)

Der Abruf der kontrahierten Flex-Optionen zum Zeitpunkt der Erbringung erfolgt direkt durch die Plattform. Für Anlagen mit aktiver Vermarktung wird von der Plattform ein angepasster Fahrplan erstellt und an den Flex-Anbieter übergeben (G1). Bei direkter Steuerung von Anlagen ohne aktive Vermarktung nutzt die Plattform den Service eines aktiven externen Marktteilnehmers. Dieser übermittelt zum Zeitpunkt des Abrufes die Schaltbefehle an die jeweiligen Flex-Optionen über die Infrastruktur der intelligenten Messsysteme (G2).

Mittels Tarifierungsanwendungen können z. B. die IST-Einspeisung (TAF 9) abgerufen werden, um die Erbringung der Flexibilität auch nachweisen zu können (H1). So kann der Abruf dokumentiert (TAF 7) und in einen Erbringungsnachweis für die Abrechnung überführt werden.

Abrechnungszeitraum (d+x)

Abschließend erhalten alle beteiligten Akteure Informationen über die erfolgreiche Leistungserbringung. Die Plattform stößt überdies die Rechnungsstellung an und fordert die Nachfrageseite zur Zahlung auf (H2, H3).

In Tabelle 2-1 sind die einzelnen Prozesse im Kontext des Altdorfer Flexmarktes nochmals zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 2-1: Prozesse auf ALF

| Nr. | Prozessbezeichnung | Nachbedingung für Handeln des Akteurs | Auslösungsereignis | Annahmen (z. B. zum Eintreten der Bedingungen) |
|-----|--|---|--|---|
| A1 | Initialisierung von ALF | Die Initialisierung der Plattform ist abgeschlossen. | Auftrag des Netzbetreibers zur Nutzung einer Flex-Plattform | bestehende, perspektivische Netzengpässe |
| A2 | | | | |
| B1 | Registrierung der Flex-Anbieter | Der Flex-Anbieter ist registriert und die Flex-Option verortet und zur Angebotseinstellung freigegeben. | Erlöspotenziale durch Vermarktung der Flex-Option für netzdienliche Zwecke | Die Flex-Option ist technisch für die Teilnahme geeignet. |
| B2 | | | | |
| B3 | | | | |
| C1 | Angebotseinstellung und Freigabe | Die Flex Option ist zur Vermarktung freigegeben, bzw. die Angebotspreiszeitreihe ist übergeben. | Die Flex-Option wurde erfolgreich angelegt. | |
| C2 | | | | |
| D | Bedarfsprognose und Nachfrageeinstellung | Flex-Nachfrage für den Folgetag ist an ALF übergeben. | Netzengpässe im Verteilnetz | Der Netzbetreiber führt eine DA-Engpassbestimmung im Verteilnetz durch. |
| E | Aggregation | Kleinteilige Flex-Optionen werden aggregiert angeboten. | Flex-Bedarf löst Auswahl infrage kommender Anlagen aus. | Genügend Flex-Optionen für die Durchführung der Aggregation sind vorhanden. |
| F | Matching | Flex-Optionen zum Lösen/Vermindern des Engpasses sind ausgewählt. | Flex-Angebot und –Nachfrage sind auf der Plattform vorhanden. | |
| G1 | Anlagenabruf | Schaltsignal bzw. Fahrplan wurde übermittelt. | Anlage wurde im vorangegangenen Matching bestimmt. | Übermittlung des Matchingergebnisses an die einzelnen Anlagen funktioniert. |
| G2 | | | | |
| H1 | Settlement | Erbrachte Flexibilität wurde abgerechnet und in der Marktkommunikation berücksichtigt. | Anlagenabruf auf Basis des Matchingergebnisses | |
| H2 | | | | |
| H3 | | | | |

2.2 Informationsobjekte

Aus den bereits beschriebenen Prozessen auf ALF ergeben sich Nachrichten, welche als Informationsobjekte ausgetauscht werden. In Tabelle 2-2 werden die ausgetauschten Informationen analysiert und inhaltlich spezifiziert.

Tabelle 2-2: Informationsobjekte in ALF

| Nummer | Schnittstelle | | Kurzbeschreibung | Inhalt |
|--------------|---------------------------------------|-----------------|---|---|
| | # | Von | | |
| A1 und A2 | Flex-Nachfrager | Plattform | Übergabe der Informationen zur Initialisierung der Flex-Plattform | Netztopologische Zuordnungsmatrix und reduziertes Netzmodell Randbedingungen für Abruf von Kleinanlagen ggf. Regelwerk mit statischen Limitierungen |
| B1 und B3 | Flex-Anbieter | Plattform | Registrierung Flex-Anbieter und Flex-Option(en) | Stammdaten des Flex-Anbieters und der Flex-Option (FO) |
| B2 und B3 | ANB | Plattform | Übergabe der Verortung der Flex-Option im Netz inkl. Sensitivitätswerte | Zuordnung FO <> zu Netzknoten und Sensitivitätswerte je Knoten und Betriebsmittel |
| C1 und E | Flex-Anbieter (Langzeitkontrahierung) | Plattform | Freigabe der Flex-Option als Langzeitkontrahierung | Einwilligung zu Randbedingungen und Freigabezeitraum |
| C2 ,C3 und E | Flex-Anbieter (mit Fahrplan) | Plattform | Angebotsabgabe der Flex-Option mit Fahrplan als Fahrplanprodukt | Verfügbare Flexibilität und Baseline |
| D1, D2 und E | Flex-Nachfrager | Plattform | Übergabe des Flex-Bedarfs | Leistung, Zeitpunkt, Ort, Netzverschaltungszustand sowie ggf. max. Preis |
| G1 und G2 | Plattform | Flex-Anbieter | Ansteuerung der Anlagen bzw. Fahrplanübermittlung im kontrahierten Zeitraum | Angepasster Fahrplan bzw. Schaltbefehl mit Uhrzeit und Schaltstufe |
| G2 und H1 | Flex-Anbieter | Plattform | Nachweis über Schalthandlung | Lastgang der Anlage im Kontrahierungszeitraum |
| H1 und H2 | Plattform | Flex-Anbieter | Erbringungsnachweis, Dokumentation und Abrechnung | Abgerufene Leistung, angefallene Vergütung |
| H1 und H3 | Plattform | Flex-Nachfrager | Erbringungsnachweis, Dokumentation, Abrechnung | Abgerufene Leistung, angefallene Vergütung |

Für die ausgetauschten Informationsobjekte existieren Anforderungen hinsichtlich der Kommunikation. Beispielsweise der Zeitpunkt und die Frequenz der Kommunikation. Diese Einordnung ist in Tabelle 2-3 zu finden.

Tabelle 2-3: Kommunikationsanforderungen in ALF

| Informationsobjekt (s. Kurzbeschreibung in Tabelle 1-6) | Frequenz der Kommunikation | Zeitpunkt der Kommunikation | Zeitliche Anforderungen an das Signal | Folgeprozess | Ausführung des Folgeprozesses (zeitlich) |
|--|---|--|--|--|--|
| Übergabe der Informationen zur Initialisierung der Flex-Plattform | einmal pro Netzgebiet | beliebig | - | Initialisierung der Flex-Plattform | instantan |
| Registrierung Flex-Anbieters und Flex-Option(en) | einmal pro Flex-Option bzw. -Anbieter | beliebig | - | Verortung der Flex-Option durch ANB | innerhalb eines „zumutbaren“ Zeitraums |
| Übergabe der Verortung der Flex-Option im Netz inkl. Sensitivitätswerte | einmal pro Flex-Option | nach jeder Anmeldung einer neuen Flex-Option | - | Freigabe der FO auf der Flex-Plattform | instantan |
| Freigabe der Flex-Option als Langzeitkontrahierung | einmal pro Freigabe-Zeitraum (frei wählbar) je Flex-Option | beliebig | - | Aggregation und Matching | bei vorhandener Nachfrage |
| Angebotsabgabe der Flex-Option mit Fahrplan als Fahrplanprodukt | beliebig bis Gebotsschluss am Vortag von Marktprozess | beliebig | - | Matching | bei vorhandener Nachfrage am Tag zuvor |
| Übergabe des Flex-Bedarfs | beliebig bis Gebotsschluss am Vortag vor Erbringung | beliebig | - | Aggregation und Mapping | zum definierten Zeitpunkt am Tag zuvor |
| Ansteuerung der Anlagen bzw. Fahrplan-übermittlung im kontrahierten Zeitraum | zum Zeitpunkt der kontrahierten Leistungserbringung bzw. nach Marktergebnis | zum Zeitpunkt der Leistungserbringung (Langzeitkontrahierung) oder angepasster Fahrplan nach Marktergebnis | Ist als Planwert Day-Ahead verfügbar und kann daher mit Puffer übergeben werden. | Anlagensteuerung | instantan bzw. zum Zeitpunkt der Leistungsänderung |
| Nachweis über Schalthandlung | jeweils für kontrahierte Flexibilitätserbringung | nach erbrachter Leistung | Messen-Schalten-Messen: sehr hohe Anforderung Dokumentation: niedrige Anforderung | Dokumentation | instantan |
| Erbringungsnachweis, Dokumentation und Abrechnung | Regelmäßig, einmal pro Abrechnungszeitraum (z. B. monatlich) | beliebig | - | Settlement | innerhalb eines „zumutbaren“ Zeitraums |

2.3 Beschreibung Systeme aus Systemen

Das System des Altdorfer Flexmarkts muss sich auch in das bestehende Gesamtsystem der Energiewirtschaft einordnen lassen. Hierzu wurde in Tabelle 2-4 eine Einordnung der betroffenen Rollen zu Komponenten sowie Domänen und Betriebszonen vorgenommen, zudem wurden Einzelfunktionen beschrieben. Als methodische Grundlage für diese Beschreibung von Systemen aus Systemen wurden die Domänen und Betriebszonen des Architekturmodells SGAM gewählt /CENE 01 12/.

Tabelle 2-4: Beschreibung des Systems

| Zugehörige Rolle | Komponente | D: Domäne B: Betriebszone | Funktionen | Anmerkungen |
|---|---|--|---|---|
| Einsatzverantwortlicher (EIV) | Erzeugungs- oder Verbrauchsanlage (> 10 MW) | D: DER, Customer Premise B: Process | EIV ist für die Steuerung der Anlage verantwortlich. | Dies sind Anlagen mit aktiven Fahrplanmanagement. |
| | Anlagen-Steuerung | D: DER, Customer Premise B: Station | | Dies sind Anlagen ohne aktives Fahrplanmanagement. |
| Einsatzverantwortlicher (Sonderfall Aggregator) | Anlagen-Steuerung | D: DER, Customer Premise B: Operation | Aggregator ist sowohl für die Aggregation als auch die Steuerung der Anlagen zuständig. | bei Aggregator als EIV zusätzlich noch Pool- / Schwarmsteuerung |
| Anschlussnehmer / Anschlussnutzer | Technische Ressource (Erzeugungs-, Verbrauchsanlagen, Speicher), wie z. B. EFZ, WP, HSS, BHKW, QS | D: Customer Premises, DER B: Process | Bereitstellung der technischen Ressource und Entgegennehmen der Steuerungsanfragen | |
| | Steuerbox (Eigentumsverhältnisse noch nicht geklärt) | D: Customer Premises, DER B: Field | | |
| Netzbetreiber | Leitwarte | D: Distribution / Transmission B: Enterprise | Netzsicherheitsrechnung und Ausweisung des Flex-Bedarfs | |
| | Netz | D: Distribution / Transmission B: Distribution / Transmission | Bereitstellung der Netzinfrastruktur | |
| Flexibilitätsanbieter | Flex-Option | - | Vermarktung / Anbieten der technischen Ressource | Sammelbegriff für alle EIV, Aggregator, Anschlussnehmer / -nutzer, die auf der Plattform agieren. |

3 Schritt 3: Ablaufspezifikation (Sequenzdiagramme), Prozessabläufe & Funktionen

Schritt 3 baut auf den Erkenntnissen von Schritt 2 auf und vertieft diese durch Anwendung von Sequenz- und Aktivitätsdiagrammen, basierend auf /FFE-48 18/. Zur Darstellung der Prozessabläufe und Funktionen wird eine Kombination aus Sequenzdiagrammen, Aktivitätendiagrammen und Tabellen gewählt. Die übergeordnete Struktur der einzelnen Abläufe auf ALF wird im Sequenzdiagramm in Abbildung 3-1 dargestellt. Für die einzelnen Funktionen wird auf weitere Sequenzdiagramme referenziert („ref“), welche in den folgenden Kapiteln spezifischer vorgestellt werden. Konzeptionell ist ALF hierzu in Funktionsblöcke unterteilt. Die Beschreibung und Bezeichnung der beteiligten Rollen ist in Tabelle 1-1 zu finden. Die Gruppierung von Rollen zu Akteuren ist in Tabelle 1-2 zu finden.

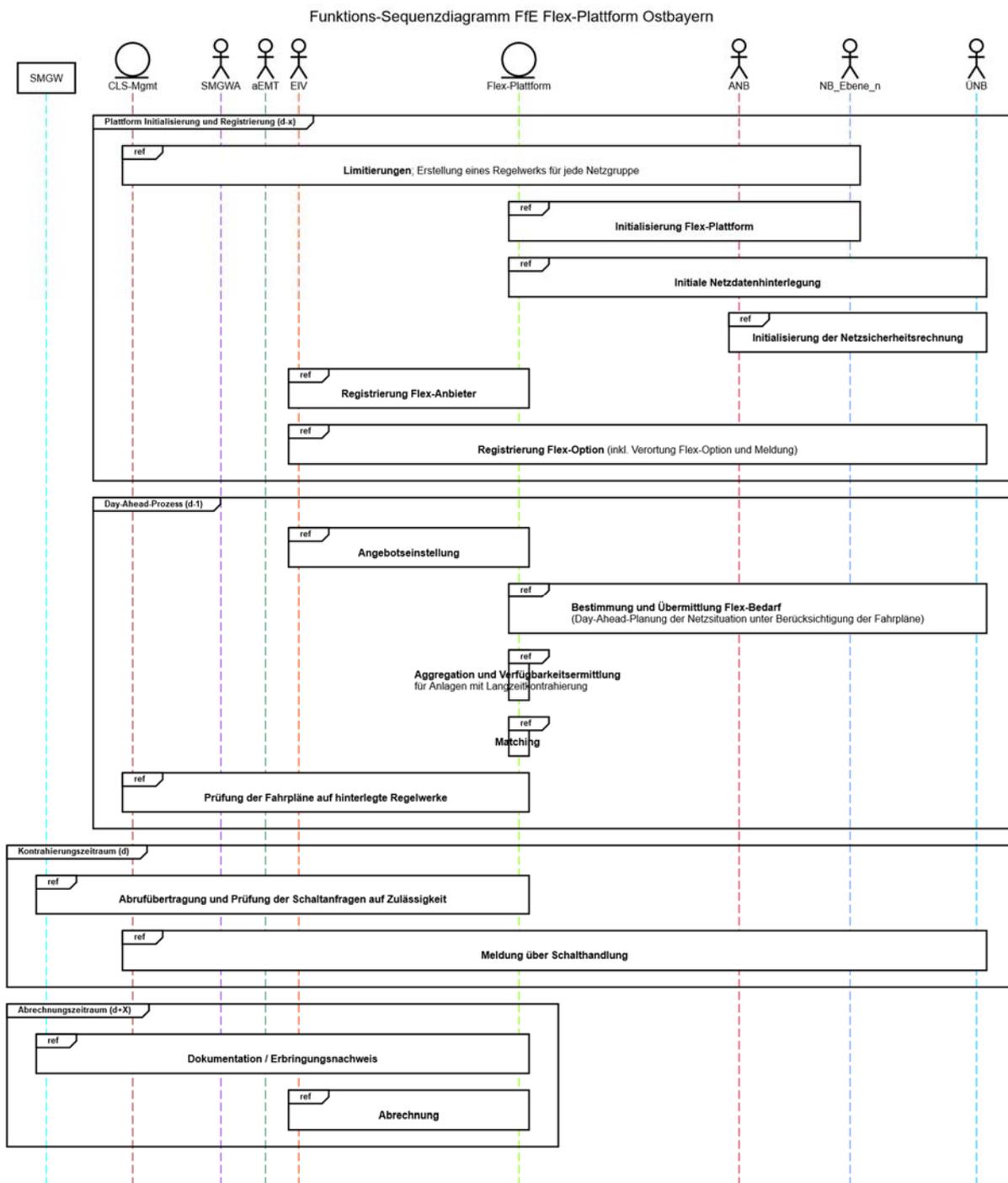


Abbildung 3-1: Funktionssequenzdiagramm des Altdorfer Flexmarktes

3.1 Limitierungen; Erstellung eines Regelwerks für jeden relevanten NVP

Der erste Schritt in der Einrichtung von ALF ist der Prozess „Limitierungen; Erstellung eines Regelwerks für jeden relevanten NVP“. Dieser ist in Abbildung 3-2 dargestellt. In diesem Prozess sind die Rollen/Komponenten: CLS-Management und ANB enthalten. Ziel dieses Prozesses ist es, technische Limitierungen für Kapazitäten an einem Netzverknüpfungspunkt (NVP) festzulegen. Dies ermöglicht es, Überlastungen an NVPs zu vermeiden.

Die Übermittlung der Limitierungen wurde in der konzeptionellen Entwicklung berücksichtigt, jedoch in der Umsetzung nicht mehr durchgeführt.

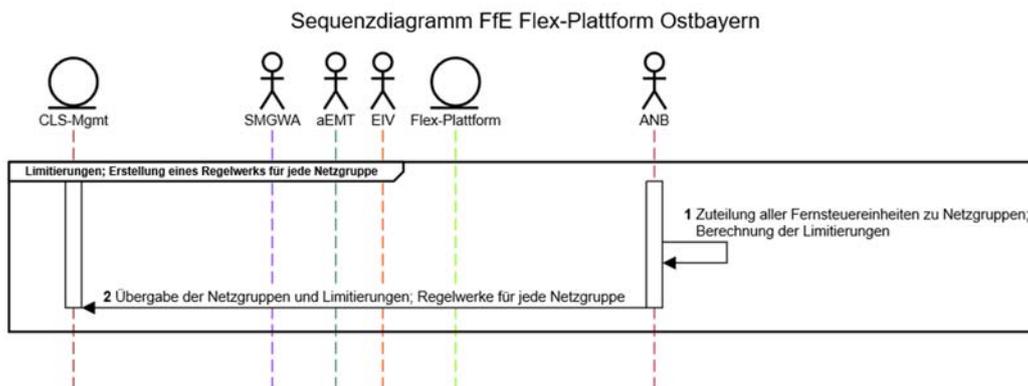


Abbildung 3-2: Sequenzdiagramm Limitierungen; Erstellung eines Regelwerks für jeden relevanten NVP

3.2 Initialisierung Flex-Plattform

Die Initialisierung von ALF wird durch den Netzbetreiber als Flex-Nachfrager angestoßen. Daraufhin findet das Anlegen eines neuen Flex-Plattform-Schematas statt. Alle ANB werden über die neu angelegte Flex-Plattform informiert. Zudem werden Randbedingungen für die Langzeitkontrahierung angefragt. Der ANB berechnet die notwendigen Input-Parameter und übergibt diese wiederum an die Flex-Plattform.

Der Prozess „Initialisierung“ ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Abbildung 3-4 zeigt den Vorgang im Detail anhand eines Aktivitätendiagrammes vertieft und ermöglicht ein Verständnis einzelner Teilschritte.

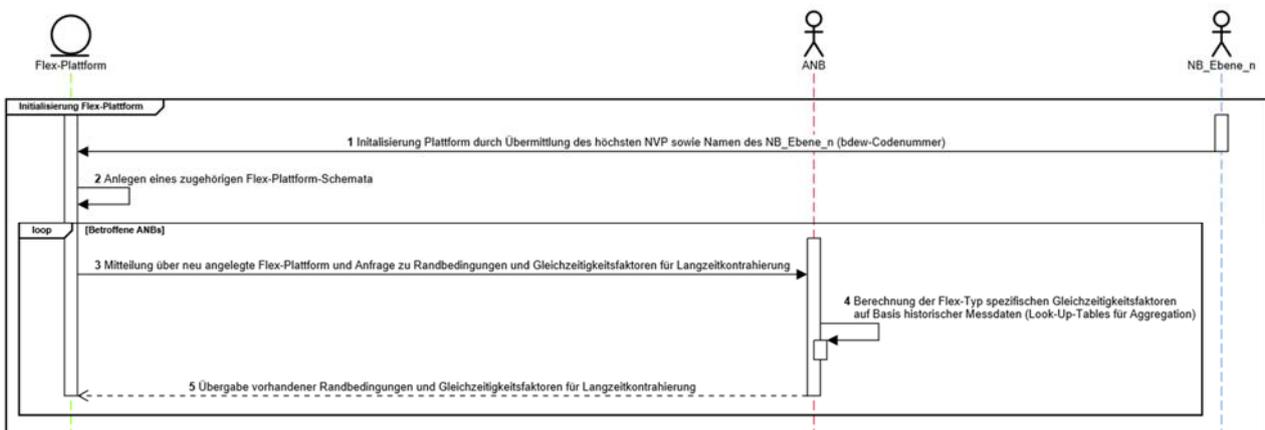


Abbildung 3-3: Sequenzdiagramm Initialisierung

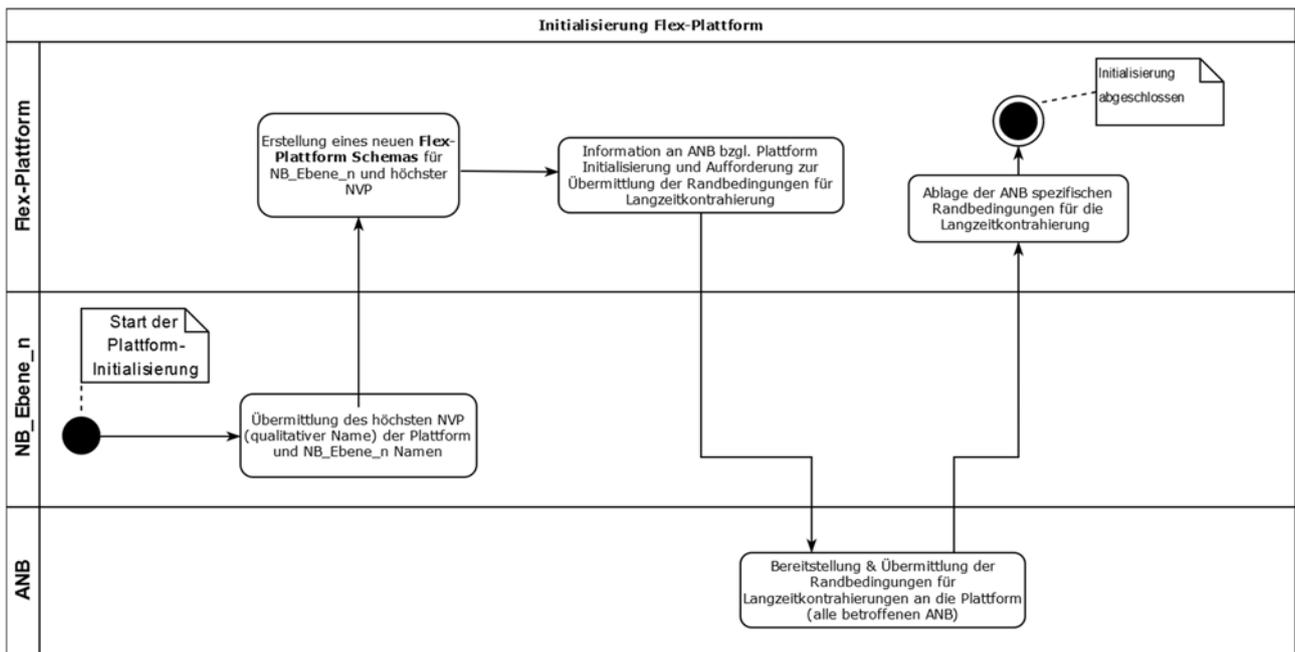


Abbildung 3-4: Aktivitätendiagramm Initialisierung

3.3 Initiale Netzdaten hinterlegung und Initialisierung der Netzsicherheitsrechnung

Für die Abläufe auf ALF ist ein reduziertes Netzmodell notwendig. Hierzu muss zunächst durch den Netzbetreiber eine netztopologische Zuordnungsmatrix für jedes Netzgebiet erstellt werden. Diese bildet die netztechnischen Zusammenhänge jedes einzelnen Netzanschlusspunktes zu jedem anderen Netzanschlusspunkt ab und ermöglicht eine Zuordnung einzelner Flex-Optionen in die Netzstruktur. Abbildung 3-5 zeigt hierzu ein vereinfachtes Beispiel. Die Übermittlung und Aktualisierung dieser Zuordnungsmatrix kann zu jedem Zeitpunkt erfolgen.

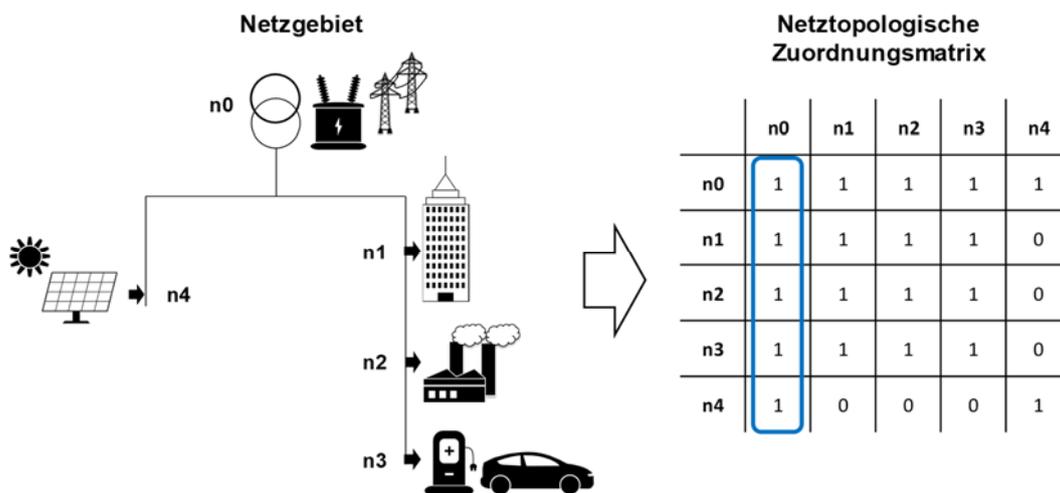


Abbildung 3-5: Netztopologische Zuordnungsmatrix

Neben der netztopologischen Zuordnungsmatrix ist es nötig, die technische Wirksamkeit der verbundenen Netzanschlusspunkte zueinander zu hinterlegen. Dabei wird für jede ‚1‘ in der Matrix ein linearer Zusammenhang hinterlegt. Dies geschieht sowohl für eine Knoten-Knoten Beziehung (spannungsbedingte Engpässe) als auch für Knoten-Betriebsmittelbeziehungen (strombedingte Engpässe).

Über diese Effektivitätswerte können später im Matching die Angebote technisch gewichtet und deren wirksame Flexibilität auf einen Engpass berücksichtigt werden. Die zugrundeliegenden Wirksamkeitszusammenhänge einzelner Netzanschlusspunkte auf alle anderen Netzanschlusspunkte müssen je Netztopologie berechnet und der Plattform übergeben werden. Die Netztopologie kann sich durch netzbezogene Maßnahmen verändern. Dies muss bei den Effektivitätswerten berücksichtigt werden.

Diese initiale Netzdaten hinterlegung ist in Abbildung 3-6 dargestellt. Begonnen wird mit der Aufforderung zur Übermittlung eines reduzierten Netzmodells, worauf die einzelnen Entwicklungsschritte folgen.

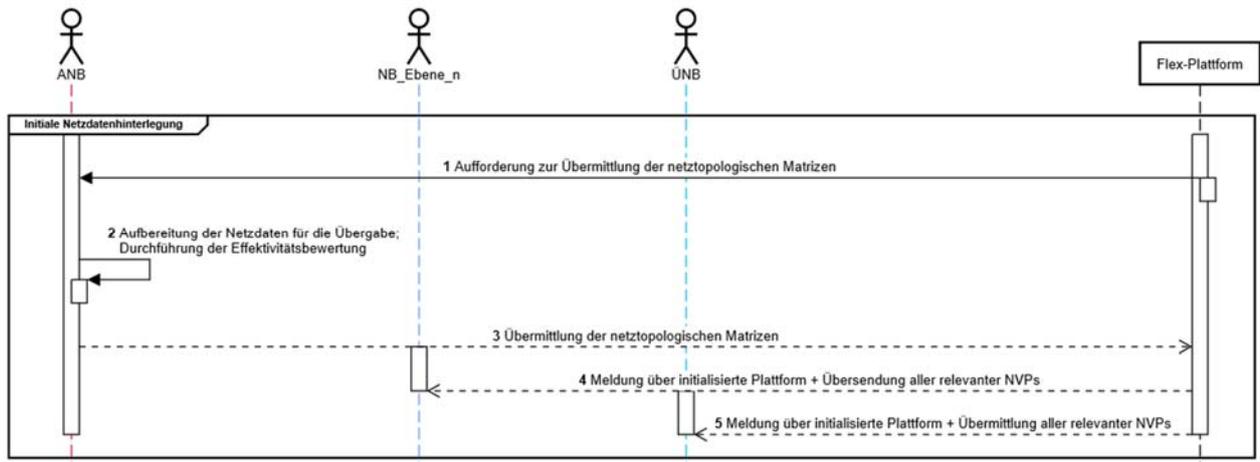


Abbildung 3-6: Sequenzdiagramm initiale Netzdaten hinterlegung

In Abbildung 3-7 wird der Prozess der initialen Netzdaten hinterlegung auf ALF zudem detailliert in Form eines Aktivitätendiagramms beschrieben.

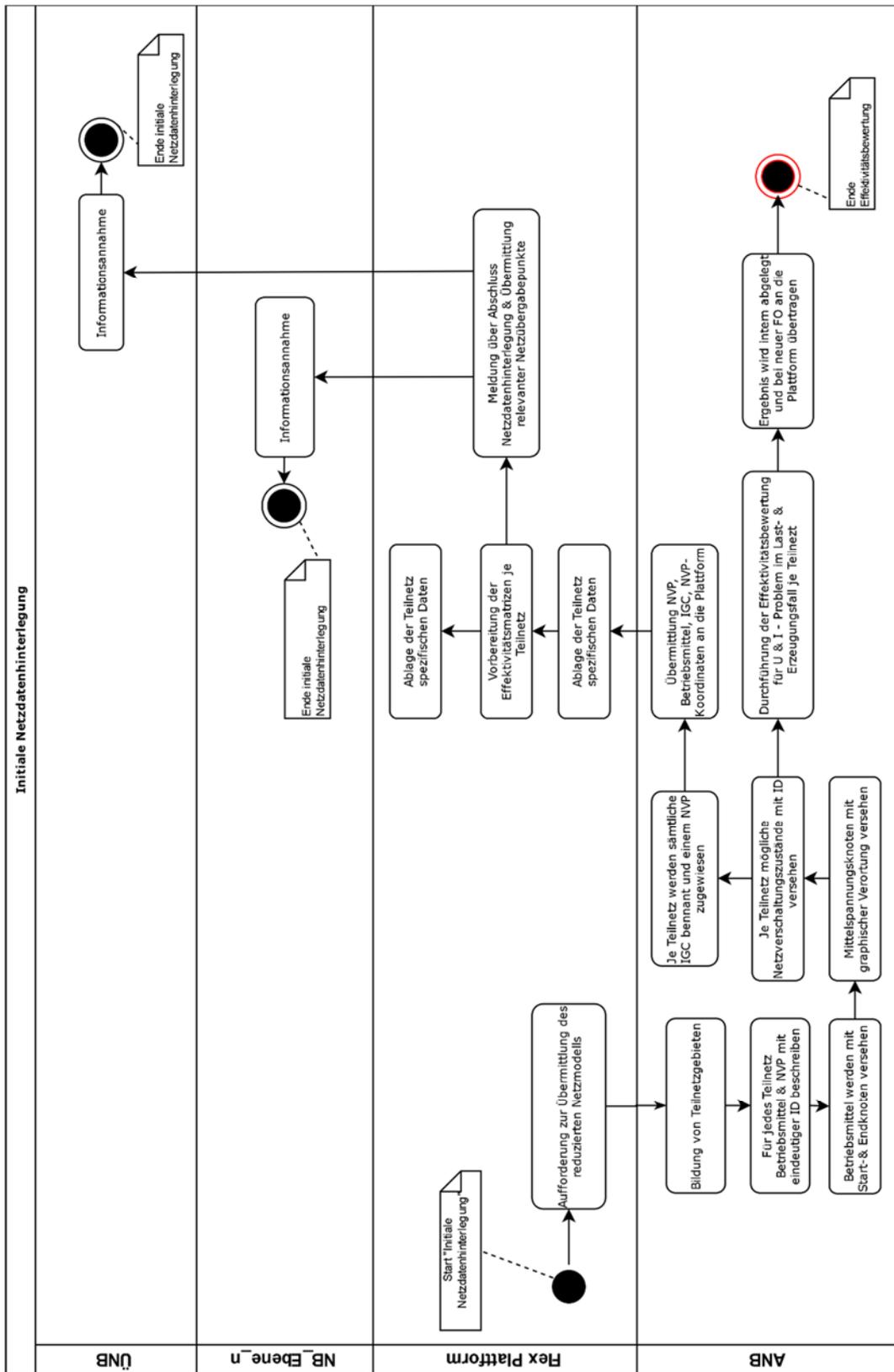


Abbildung 3-7: Aktivitätendiagramm zur initialen Netzdaten hinterlegung auf ALF

In Abbildung 3-8 ist der Prozess für die Initialisierung der Netzsicherheitsrechnung aufgeführt. Dies beinhaltet vorbereitende Schritte, welche beim Netzbetreiber initial und somit nicht regelmäßig durchzuführen sind (bspw. Laden von Netzdaten).

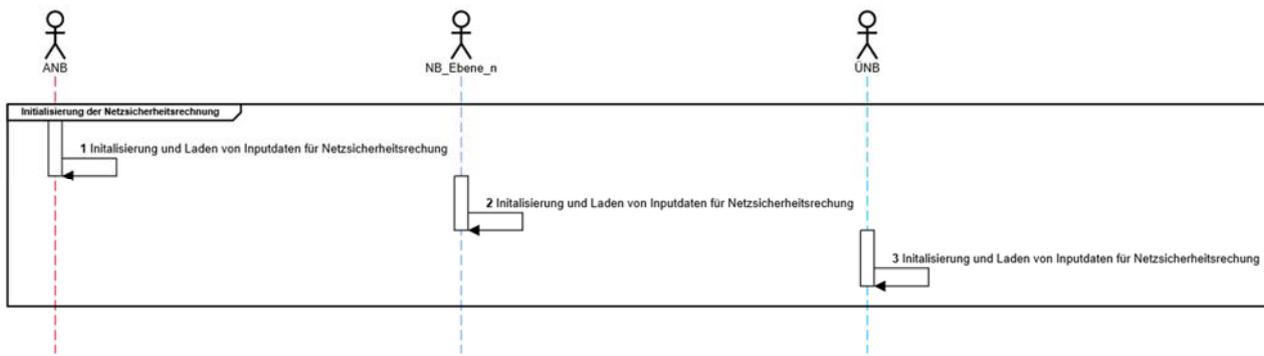


Abbildung 3-8: Sequenzdiagramm Initialisierung der Netzsicherheitsrechnung

3.4 Registrierung Flex-Anbieter

Die Registrierung der Flex-Anbieter kann zu beliebiger Zeit nach der Erstellung der Flex-Plattform geschehen und umfasst Angaben zur Person sowie Anschrift und Rechnungsadresse. In Abbildung 3-9 ist der Prozess allgemein beschrieben. In dem in Abbildung 3-10 dargestellten Aktivitätsdiagramm sind zudem detailliert die einzelnen Schritte der Registrierung und Stammdatenerfassung inkl. technischer Zuordnung von Zugriffsrechten („Permissions“), Nutzereigenschaften („User Flags“) und Nutzer-Gruppen dargestellt.

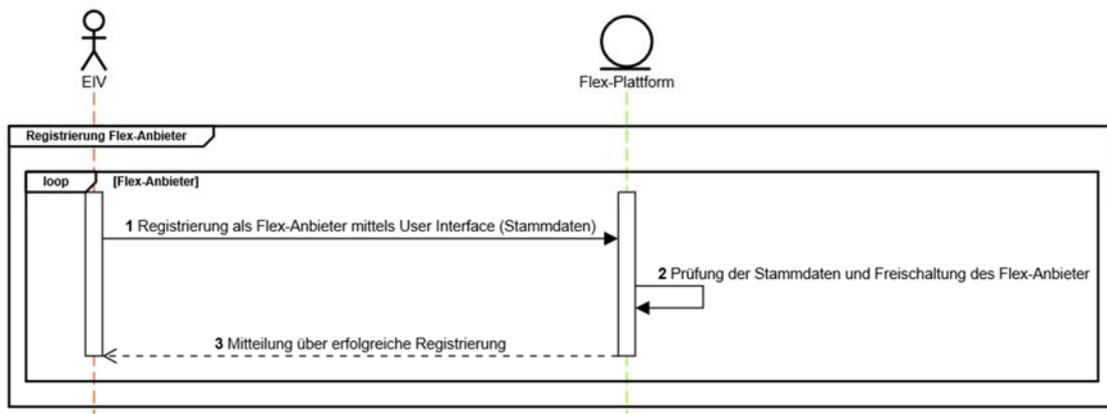


Abbildung 3-9: Sequenzdiagramm Registrierung Flex-Anbieter

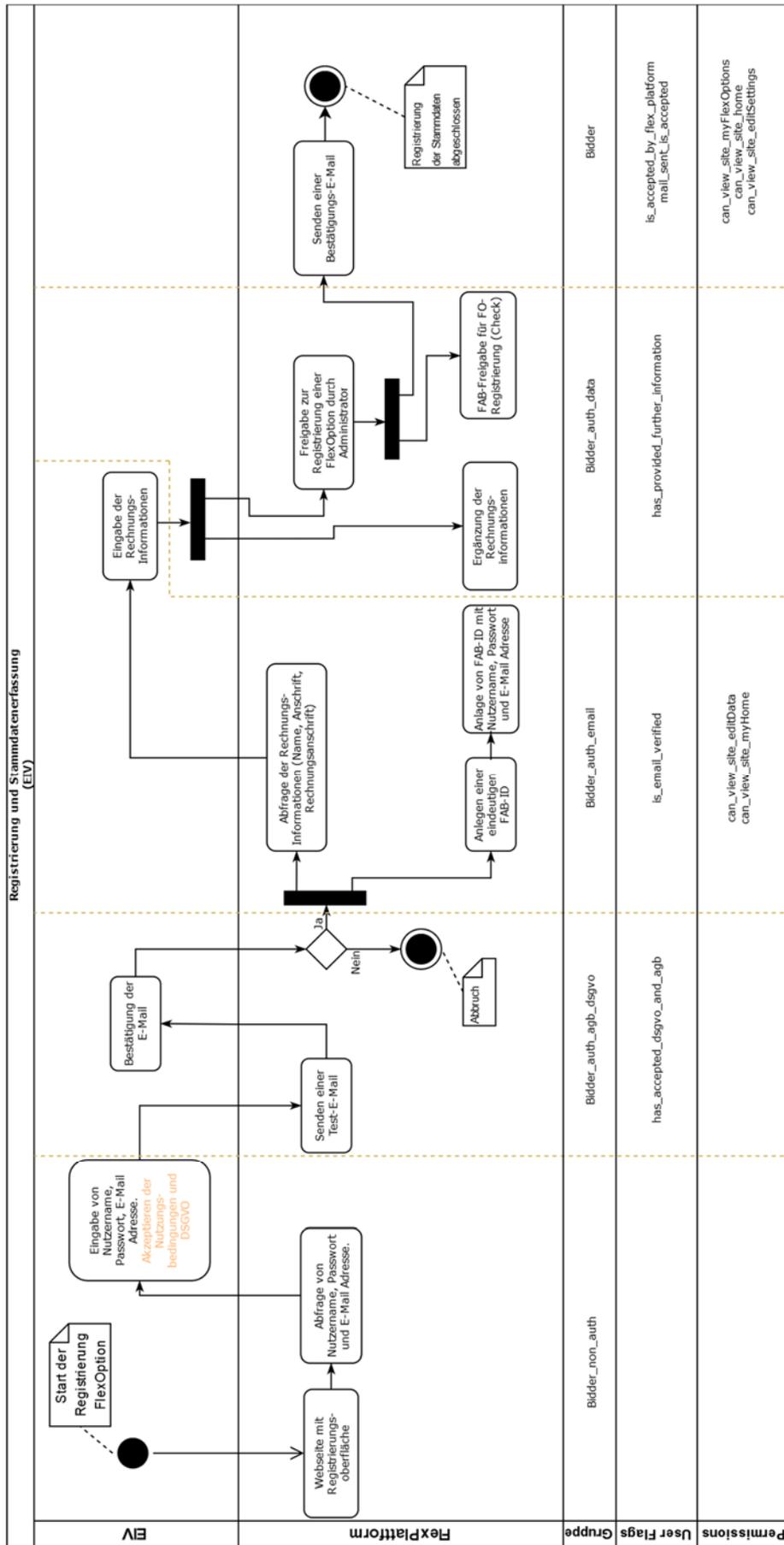


Abbildung 3-10: Aktivitätsdiagramm Registrierung Flex-Anbieter

3.5 Registrierung Flex-Option (inkl. Verortung Flex-Option und Meldung)

Im Anschluss an die Registrierung des Flex-Anbieters folgt die Einstellung der Flex-Option. Ein Flex-Anbieter kann auch mehrere Flex-Optionen einstellen. Dies ist v. a. dann relevant, wenn ein Anbieter beispielsweise über mehrere Anlagen verfügt, wie eine PV-Anlage, ein Elektrofahrzeug, einen Hausspeicher und eine Wärmepumpe. Für die Registrierung der Flex-Optionen sind einige individuelle technische Angaben erforderlich. ALF ist jedoch so konzipiert, dass gerade bei Kleinanlagen auch Personen ohne energietechnisches Fachwissen diese ausfüllen können. Demnach verfügt die Plattform über Tipps und weiterführende Informationen zu den jeweils notwendigen Daten (vgl. Netzanschlussvertrag oder Typenschild).

Nachdem die jeweiligen Flex-Optionen angelegt wurden, erfolgt eine Plausibilitätsprüfung. Darauffolgend wird die Verordnung im Netzgebiet durchgeführt und die Zählpunktbezeichnung, Adresse der Flex-Optionen und ggf. die Marktlokations-ID übermittelt. Der ANB weist die Flex-Option darauf folgend einem Netzverknüpfungspunkt zu. Die Zuordnung wird an die Flex-Plattform übermittelt. Anschließend erfolgt eine Meldung über die bestandene Plausibilitätsprüfung und Zuordnung mit der Freigabe zur Angebotserstellung. Wie in Abbildung 3-11 dargestellt, folgen Teilprozesse für die neue Flex-Option beim NB_Ebene_n und ÜNB.

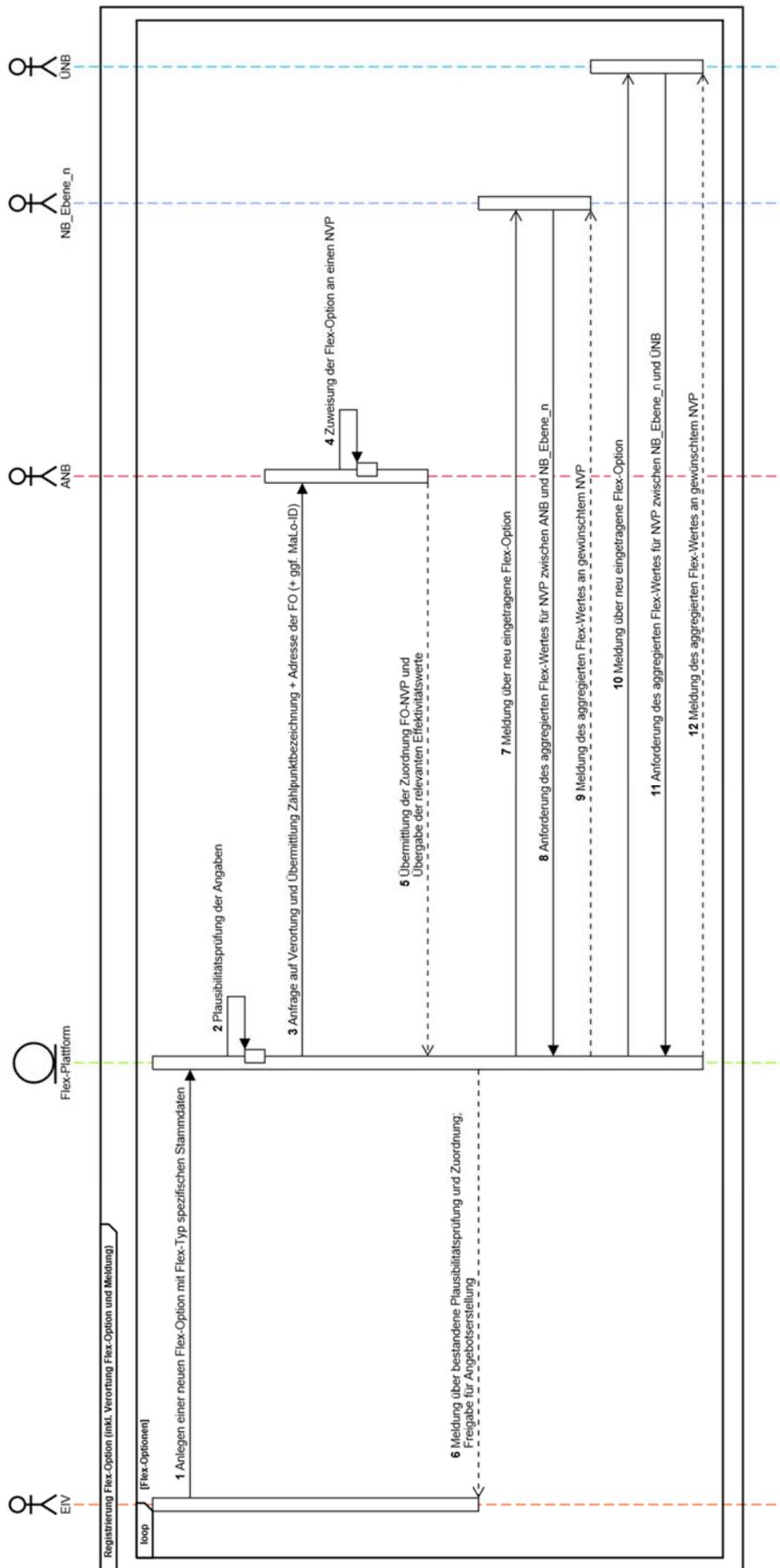


Abbildung 3-11: Sequenzdiagramm Registrierung Flex-Option (inkl. Verortung Flex-Option und Meldung)

3.6 Angebotserstellung

Im Prozess der Angebotseinstellung kann zwischen Anlagen mit aktiver Vermarktung und Anlagen ohne aktive Vermarktung unterschieden werden. Die Prozesse der beiden verschiedenen Typen sind in Abbildung 3-13 dargestellt.

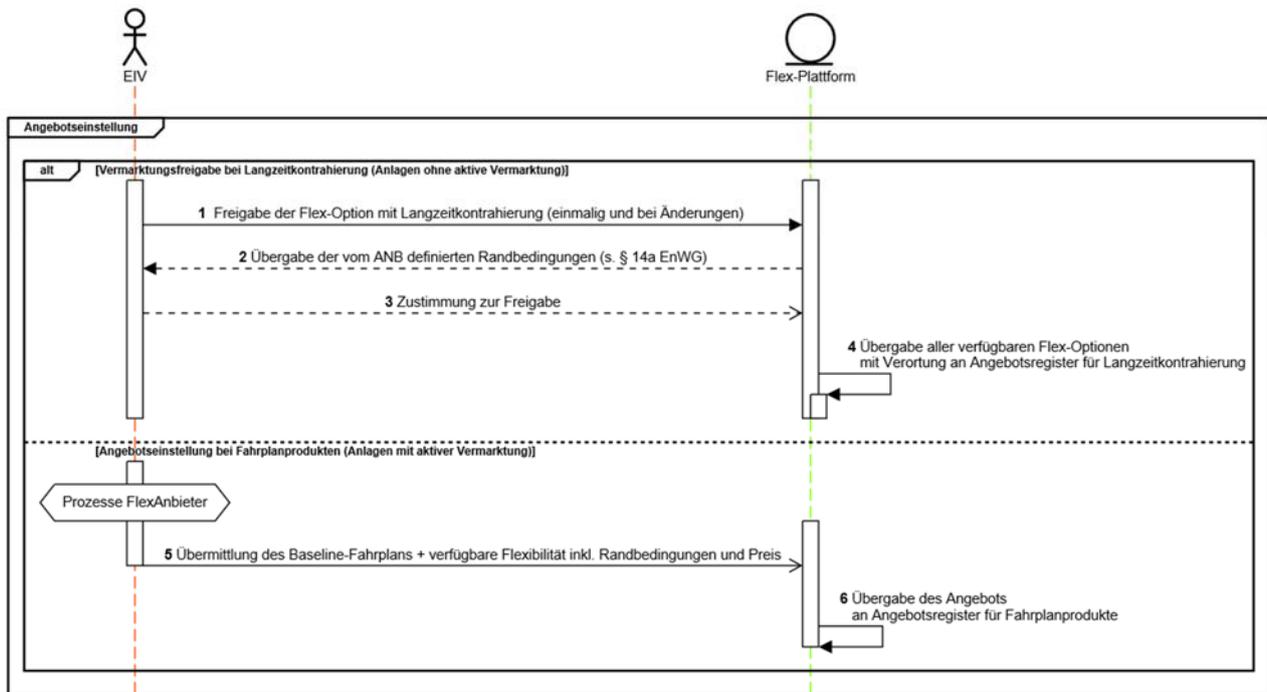


Abbildung 3-13: Sequenzdiagramm Angebotserstellung

Unter Flex-Optionen ohne aktive Vermarktung werden hauptsächlich kleine Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen verstanden. Diese Anlagen sind nicht in der Lage, eigene Prognosen oder individuelle Fahrpläne zu liefern. Ihr Einsatz und ihre Verfügbarkeit sind infolgedessen nur statistisch zu ermitteln.

Da für das Matching von Flex-Nachfrage und Flex-Angebot (vgl. Abschnitt 3.9) eine definierte Leistung zu einem Zeitschritt nötig ist, wird mit diesen Anlagen eine Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung (s. Abschnitt 3.8) durchgeführt. Die verfügbare Flexibilität wird unter Berücksichtigung von Randbedingungen auf ALF quantifiziert. Die Prognose erfolgt erst nach Auswahl aller für den Flex-Bedarf in Frage kommenden Flex Optionen unter Einbeziehung ihrer Wirksamkeit. Um die Einstiegshürde möglichst gering zu halten, wird die Freigabe der Flex-Option ohne aktive Vermarktung als sog. Langzeitkontrahierung durchgeführt. Der Aufwand für die Teilnahme an ALF ist für Kleinanlagen infolgedessen nur die einmalige Registrierung. Die einzelnen Aktivitäten der Angebotseinstellung ohne Fahrplan sind in Abbildung 3-14 dargestellt.

Unter Flex-Optionen mit aktiver Vermarktung werden Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen verstanden, die ein Fahrplanprodukt anbieten können. Diese Flex-Optionen verfügen über bereits im Vorfeld geplante Arbeitspunkte, die sog. Baseline. Sie werden beispielsweise für den Stromhandel, direkte Lieferverträge oder das Bilanzkreismanagement benötigt. Dabei handelt es sich sowohl um Anlagen, über deren Einsatz ein Einsatzverantwortlicher entscheidet, als auch um direkt oder über einen Aggregator vermarktete Anlagen. Da es sich hierbei i. d. R. um Experten handelt, können diese auch beurteilen, innerhalb welchen technischen oder wirtschaftlichen Randbedingungen die Anlage für eine bestimmte Zeit ihre Leistung steigern oder reduzieren kann.

Die Flex-Anbieter solcher Anlagen können ihr Flex-Angebot in Form eines Fahrplans auf der Plattform hochladen und Flexibilität individuell anbieten. Auch können sie ihren Preis für die Flexibilitätserbringung jeweils festlegen und so individuelle Fahrplanprodukte anbieten. Die Angebotseinstellung bei aktiver Vermarktung ist im Aktivitätsdiagramm in Abbildung 3-15 dargestellt.

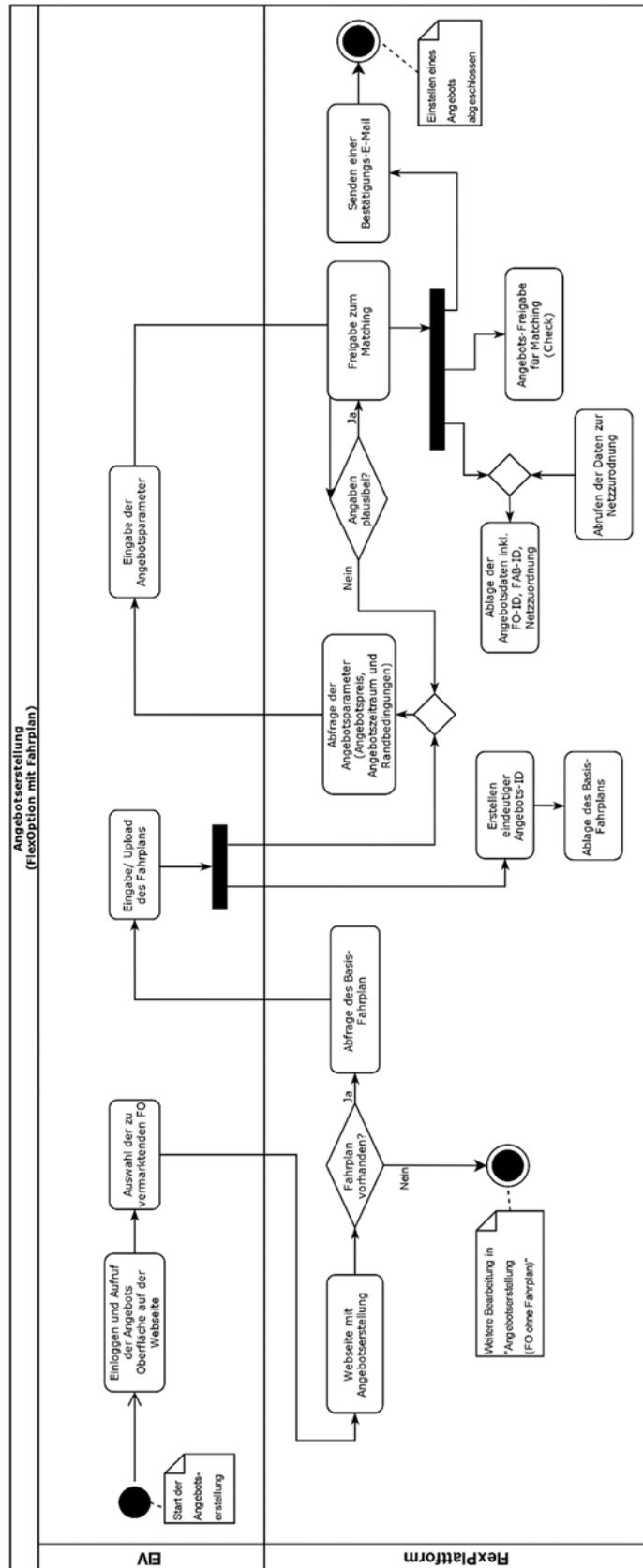


Abbildung 3-15: Aktivitätsdiagramm Angebotserstellung (Flex-Option mit Fahrplan)

3.7 Bestimmung und Übermittlung Flex-Bedarf (Day-Ahead-Planung der Netzsituation unter Berücksichtigung der Fahrpläne)

Täglich wird von den Netzbetreibern die Day-Ahead-Planung erstellt. Betroffen sind die ANB, NB_Ebene_n und ÜNB. Teil dieser ist die Netzsicherheitsrechnung. Im Sequenzdiagramm in Abbildung 3-16 ist diese unter Prozesse Netzbetreiber sowie den folgenden Schritten zusammengefasst. Basierend auf der Day-Ahead (DA) Planung wird der Flex Bedarf für das entsprechende Gebiet bestimmt. Der ermittelte Bedarf muss in Form eines Leistungswertes inklusive der Netzzuordnung (in Form des betroffenen Netzknotens), eines Erbringungszeitpunktes, einer Erbringungsdauer und eines optionalen Maximalpreises durch den Netzbetreiber am Vortag auf ALF eingestellt werden. Zudem wird die Information übergeben, in welchem Verschaltungszustand sich das Netz befindet. Dies hat insbesondere auf die technische Wirkung von Flex-Optionen auf Engpässe Relevanz.

In der derzeitigen Ausgestaltung handelt es sich bei ALF um einen reinen DA-Prozess. Kurzfristig auftretende Engpässe werden somit nicht über dieses marktliche Instrument ausgeregelt, sondern der Netzbetreiber setzt in diesem Fall seine üblichen Notfallmaßnahmen (bspw. Engpassmanagement) ein.

Der Flex-Bedarf der Netzbetreiber wird als JSON-Datei an ALF übergeben. Für den Fall, dass mehrere Netzbetreiber einen Bedarf einstellen, würde zuerst eine konsolidierte Flex-Nachfrage erstellt werden. In der Umsetzung ist derzeit lediglich ein Nachfrager vorhanden, wodurch der Schritt der Konsolidierung nur konzeptionell berücksichtigt wird.

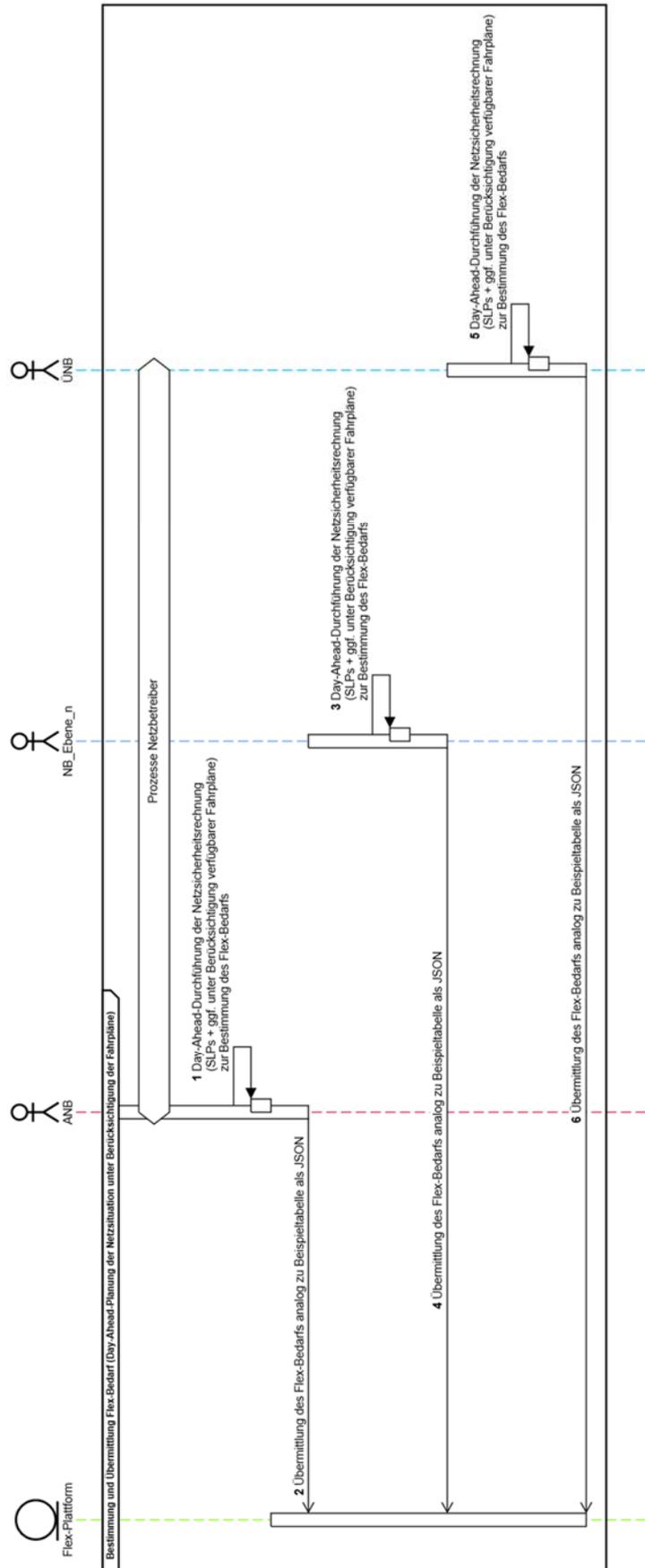


Abbildung 3-16: Sequenzdiagramm Bestimmung und Übermittlung Flex-Bedarf (Day-Ahead-Planung der Netzsituation unter Berücksichtigung der Fahrpläne)

3.8 Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung für Anlagen mit Langzeitkontrahierung

Wie bereits beschrieben, kann in zwei verschiedene Anlagentypen unterschieden werden: mit und ohne Fahrplan. Für Anlagen ohne Fahrplan ist eine Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung notwendig. Im Sequenzdiagramm in Abbildung 3-17 ist dieser plattforminterne Prozessschritt beschrieben.

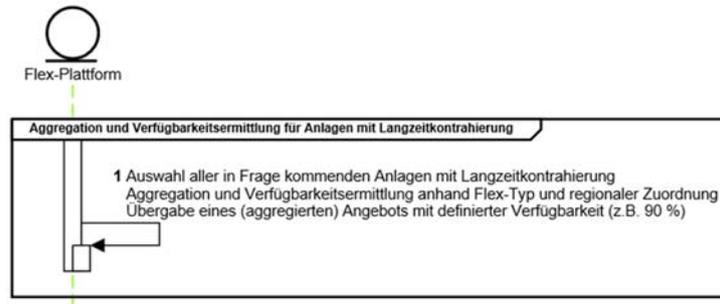


Abbildung 3-17: Sequenzdiagramm Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung für Anlagen mit Langzeitkontrahierung

In Abbildung 3-18 sind einzelne Prozessschritte für die Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung von Flex-Optionen mit Langzeitkontrahierung dargestellt. Beginnend mit der Auswahl der in Frage kommenden Flex-Optionen wird abschließend die Verfügbarkeit auf Basis von Prognosen übermittelt.

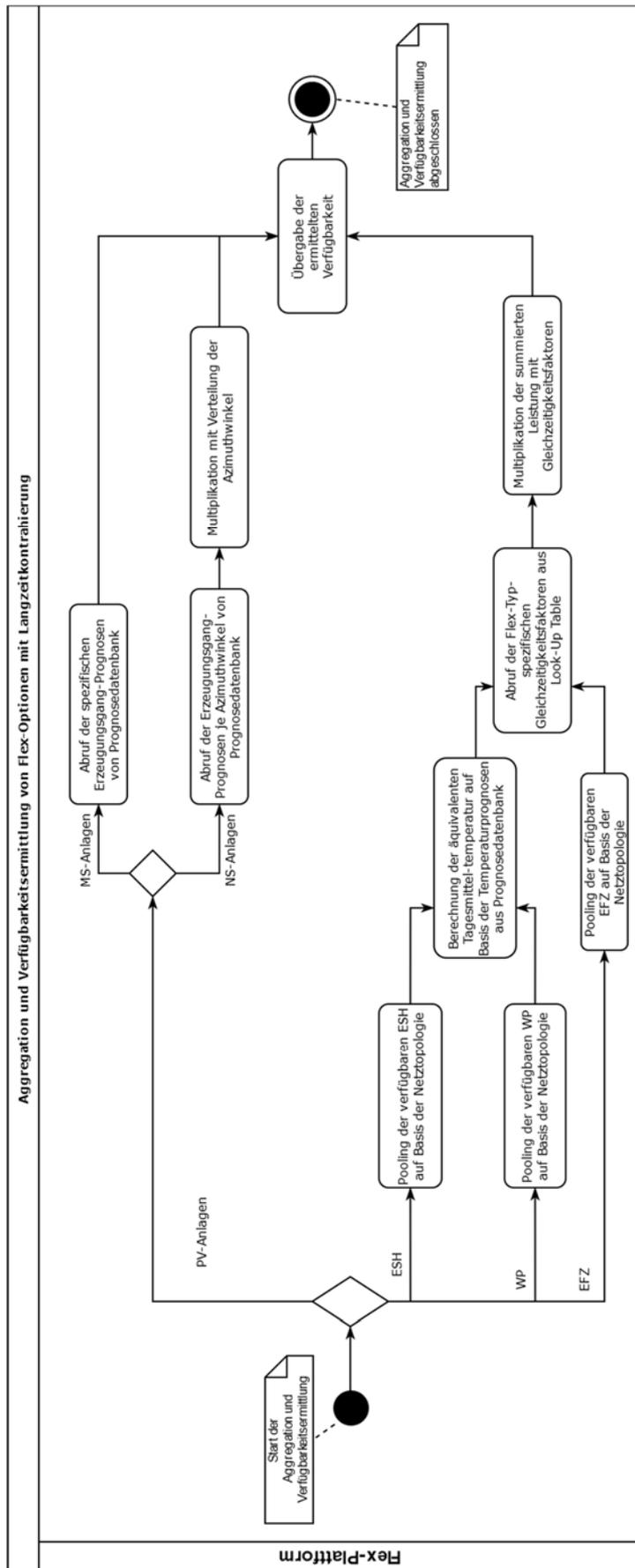


Abbildung 3-18: Aktivitätsdiagramm Aggregation und Verfügbarkeitsermittlung von Flex-Optionen mit Langzeitkontrahierung

3.9 Matching

Eine Kernaufgabe der Plattform ist es, kosteneffizient Flex-Angebot und Flex-Bedarf im sog. Matching zu allokkieren. Dies wird vor allem dadurch erschwert, das Flex-Optionen über gewisse Randbedingungen verfügen und mehrere Nachfrager gleichzeitig oder zeitversetzt Flexibilität benötigen. Um eine bestmögliche Zuordnung von Angebot und Nachfrage zu erreichen, nutzt die Plattform eine restringierte lineare Optimierung unter Berücksichtigung der hinterlegten Randbedingungen, effektiven Leistung und Kosten. Diese Optimierung erfolgt für den gesamten Folgetag (Kontrahierungszeitraum) und gewährleistet eine kostenoptimale Nutzung der vorhandenen Flexibilität. Das Matching ist in Abbildung 3-19 dargestellt. Abbildung 3-20 zeigt zudem detailliert die technische Umsetzung des Matching Skripts.

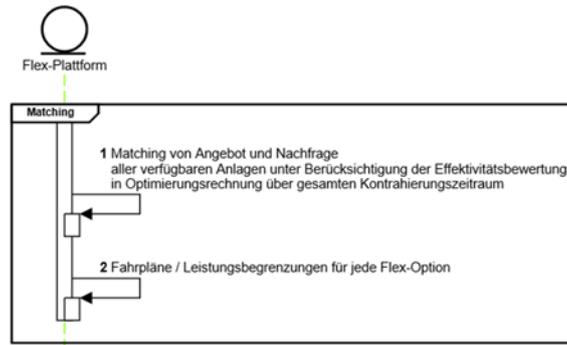


Abbildung 3-19: Sequenzdiagramm Matching

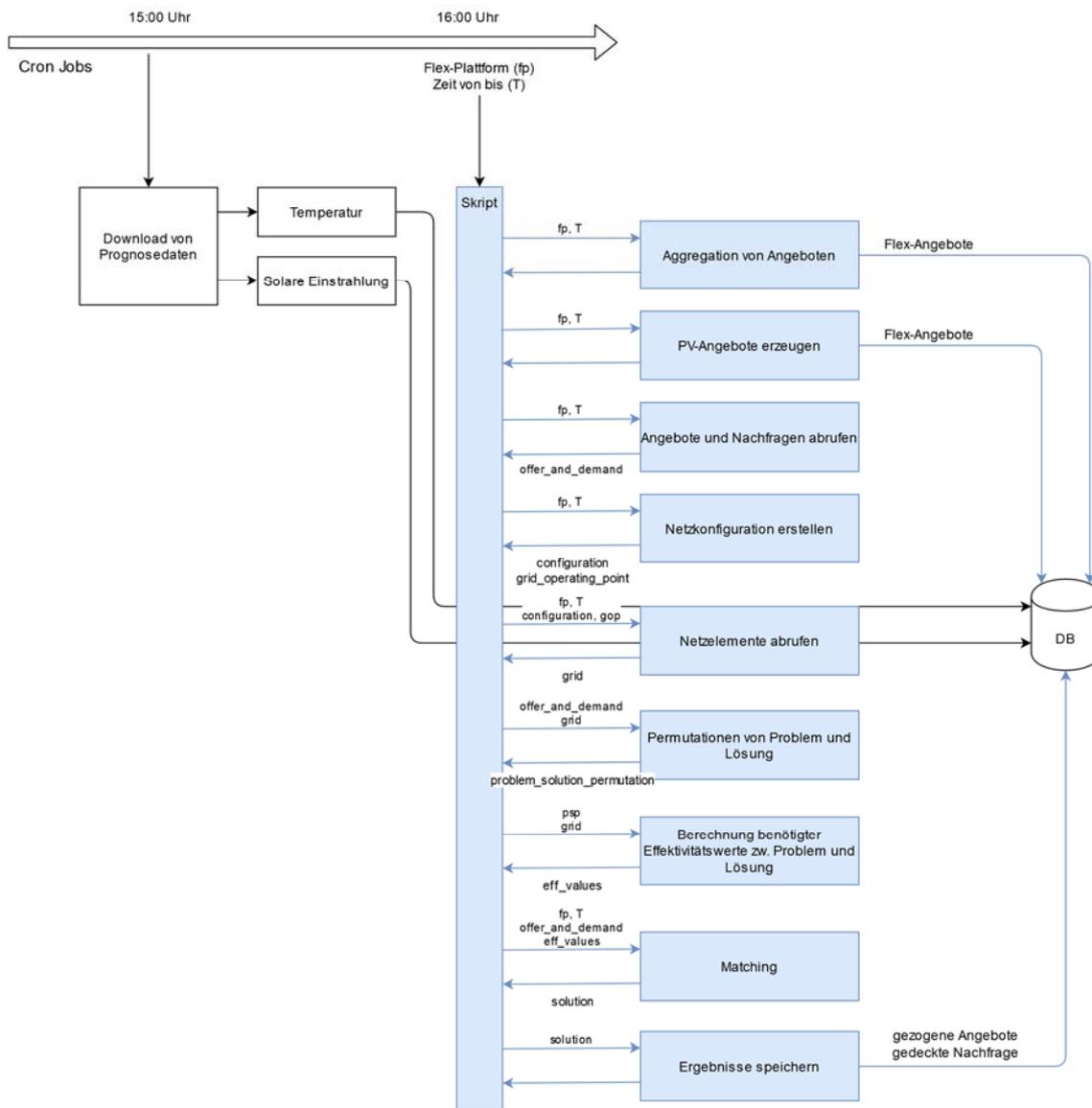


Abbildung 3-20: Technischer Ablauf des Matching Skripts

3.10 Prüfung der Fahrpläne auf hinterlegte Regelwerke

Nach dem Erstellen der Fahrpläne auf Basis des Matchingergebnisses werden diese auf die vom Netzbetreiber hinterlegten Regelwerke geprüft. Dieser Prozess wird zwischen der Flex-Plattform und dem CLS-Management durchgeführt. Ziel ist, dass der Flex-Abruf auf der Basis des Plattformergebnisses nicht zu einem erneuten Engpass führt. Sollte es zu einer Ablehnung der Fahrpläne kommen, würde das Matchingergebnis entsprechend angepasst werden. In der derzeitigen ALF-Umsetzung tritt der VNB als einziger Nachfrager auf, wodurch diese Interferenz auszuschließen ist. Einzelne Schritte dieser Prüfung werden im Sequenzdiagramm in Abbildung 3-21 dargestellt.

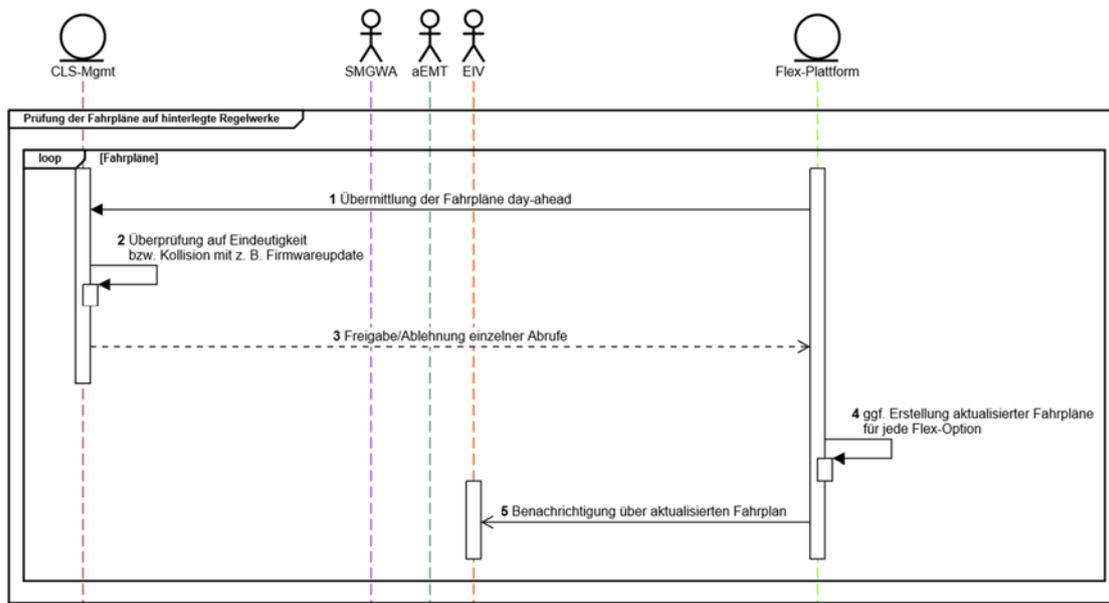


Abbildung 3-21: Sequenzdiagramm Prüfung der Fahrpläne auf hinterlegte Regelwerke

3.11 Abrufübertragung und Prüfung der Schaltanfragen auf Zulässigkeit

Für Anlagen mit Langzeitkontrahierung muss die Verfügbarkeit ebenfalls aktualisiert werden. Hierzu werden die Zustandsdaten (Leistungswerte) über TAF 9 abgefragt. Ziel dieses Prozesses ist die Erstellung eines aktualisierten Abrufregisters.

Ein Schalten für Flexibilitätsabrufe wird von der Flex-Plattform durch Übermittlung des Abrufregisters an das CLS-Management durchgeführt. Hierauf folgend wird eine Überprüfung der Schaltanfrage auf Eindeutigkeit durchgeführt. Eindeutige Schaltbefehle werden an den EIV bei Fahrplananlagen bzw. über den aEMT bei langzeitkontrahierten Anlagen übermittelt. Eine detaillierte Darstellung dieses Ablaufs ist in Abbildung 3-22 zu finden.

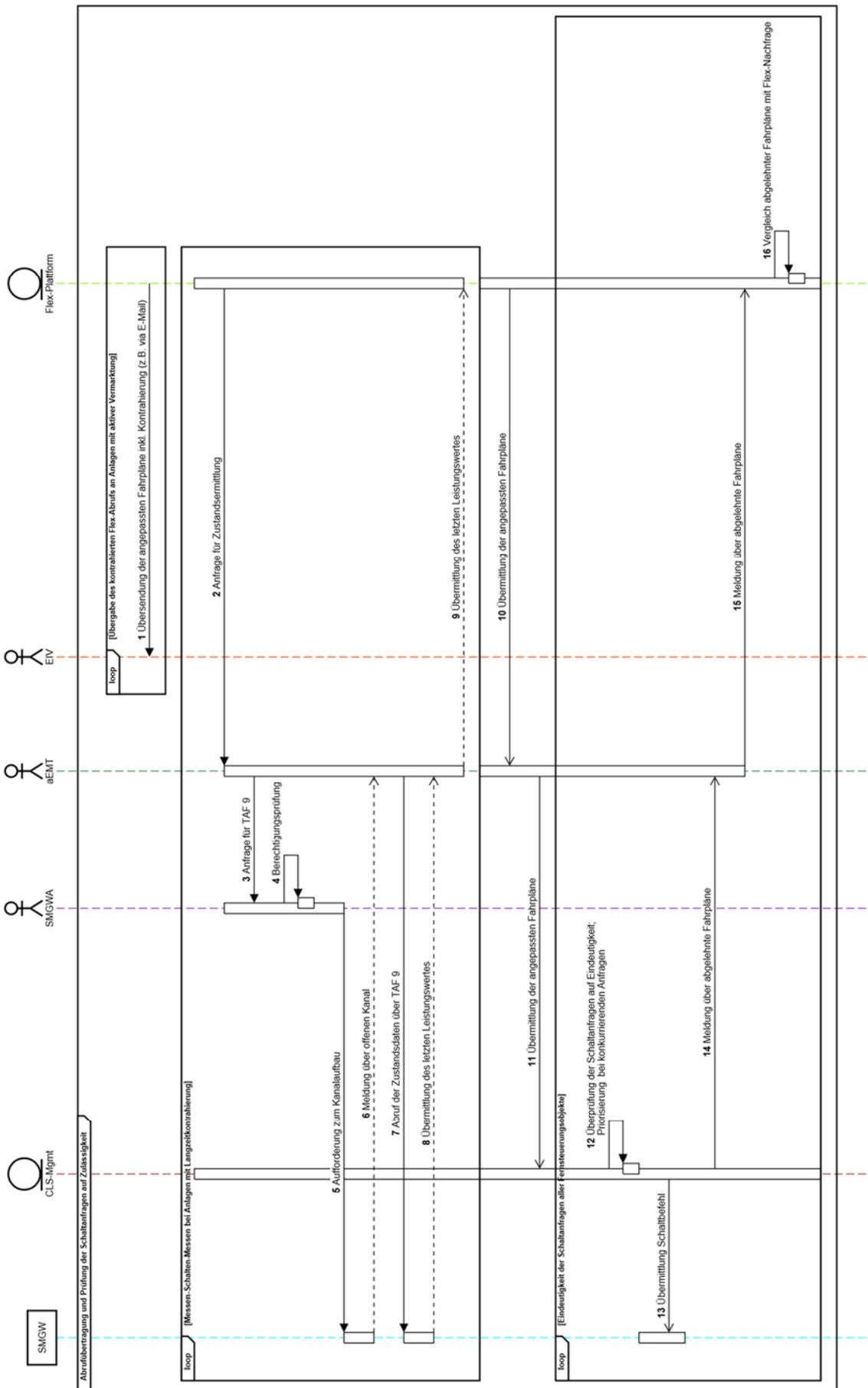


Abbildung 3-22: Sequenzdiagramm Abrufübertragung und Prüfung der Schaltanfragen auf Zulässigkeit

3.12 Meldung über Schalthandlung

Nach dem Ergebnis des Plattformprozesses, der Überprüfung von Regelwerken durch das CLS-Management sowie dem Abruf der ausgewählten Flex-Optionen erfolgt die Rückmeldung von der Plattform an die Netzbetreiber bzgl. des Erbringungsgrades (Nicht-, Teil- oder Vollerfüllung). Abbildung 3-23 zeigt in einem Sequenzdiagramm die Meldung über die Schalthandlung und den folgenden Abstimmungsprozess.

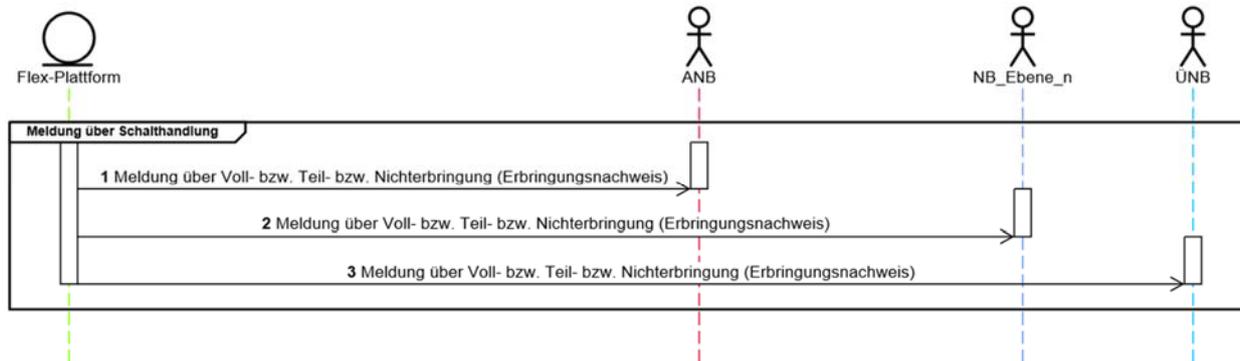


Abbildung 3-23: Sequenzdiagramm Meldung über Schalthandlung

3.13 Settlement (Dokumentation, Erbringungsnachweis und Abrechnung)

Mittels Tarifierungsanfragen können z. B. Messwerte des Lastgangs (TAF 7) oder die IST-Leistung (TAF 9) abgerufen werden, um die Erbringung der Flexibilität nachweisen zu können. So kann der Abruf dokumentiert und in einen Erbringungsnachweis für die Abrechnung überführt werden. Auch Regulierungsorgane können diese Daten, für beispielsweise eine Überwachung von bestehenden Prozessen z. B. im Zuge der Regulation on Wholesale Energy Market (REMIT), erhalten. Das Settlement des Erbringungsnachweises, der Dokumentation und der Abrechnung ist in Abbildung 3-24 und Abbildung 3-25 illustriert.

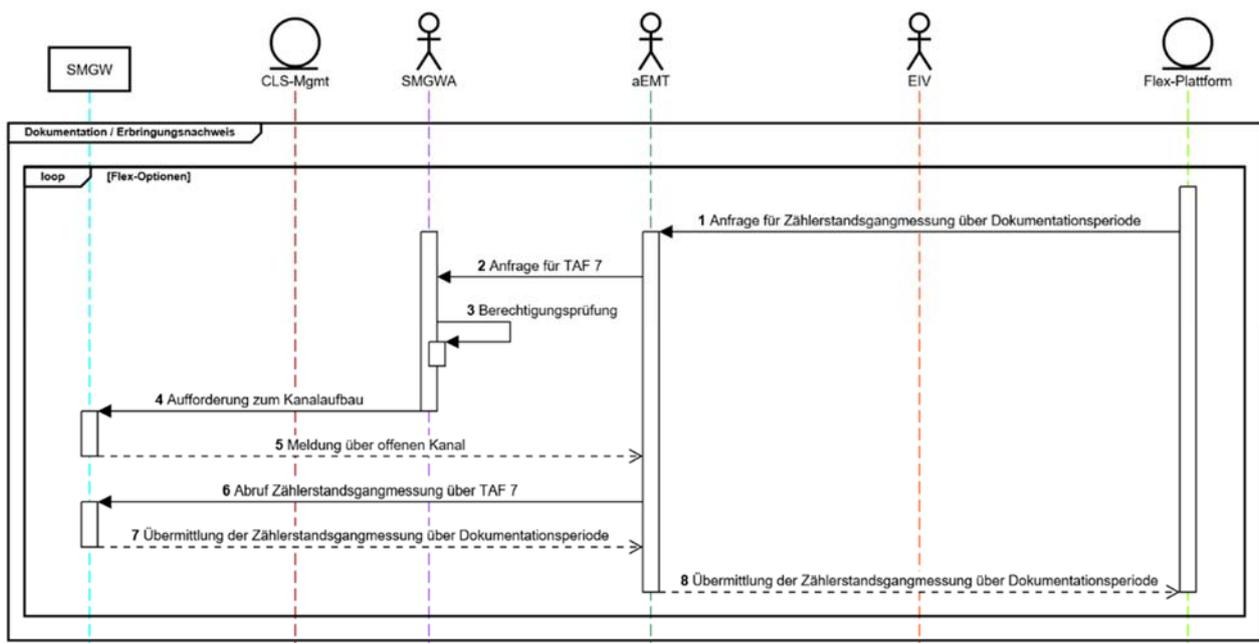


Abbildung 3-24: Sequenzdiagramm Dokumentation / Erbringungsnachweis

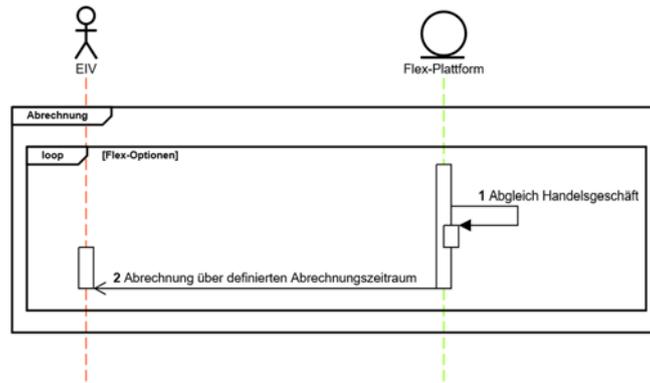


Abbildung 3-25: Sequenzdiagramm Abrechnung

4 Literaturverzeichnis

- BDEW-103 16** Frein, Christina: Rollenmodell für die Marktkommunikation im deutschen Energiemarkt - Anwendungshilfen - Strom und Gas. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2016.
- BNETZA-123 17** Festlegungsverfahren zur Erbringung von Sekundärregelleistung und Minutenreserve durch Letztverbraucher gemäß § 26a StromNZV - Konsultation von Eckpunkten. Bonn: Bundesnetzagentur, 2017.
- DGT-01 17** Walter, Matthias: Platform Business Model Canvas in: [<http://digital-ahead.de/portfolio-4-columns-2/>] Abruf: 16.08.2017 Archived by WebCite at [<http://www.webcitation.org/6sl1vrlfj>]. Dresden: T-Systems MMS, 2017
- DSU-01 16** Endlich ein Canvas für Plattform-Geschäftsmodelle in: <https://www.deutsche-startups.de/2016/04/05/endlich-ein-canvas-fuer-plattform-geschaeftsmodelle/> Abruf: 16.08.2017 Archived by WebCite <http://www.webcitation.org/6skqkc6Pt>. Köln: DS Media GmbH, 2016
- ENTSOE-03 17** entsoe et al.: The Harmonised Electricity Market Role Model. Brüssel, Belgien: entso-e aisbl, 2017.
- FAL-01 18** Faller, Sebastian: Modellierungsmethodik skalierbarer Musterlösungen der digitalen Energiewirtschaft basierend auf Harmonisierung und empirischer Analyse bestehender Rollenmodelle. Masterarbeit. Herausgegeben durch Technische Universität München, betreut durch Prof. Mauch, Wolfgang: München, 2018.
- FFE-33 18** Bogensperger, Alexander et al.: Kochrezept Use Case Methodik - Eine praktische Anwendungshilfe für alle C/sells-Partner. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2018.
- FFE-35 18** Estermann, Thomas et al.: Approach to determine the effect of local flexibility options within the framework of a smart market platform in: 8th Solar Integration Workshop. Stockholm: Energynautics GmbH, 2018.
- FFE-48 18** Zeiselmair, Andreas et al.: Altdorfer Flexmarkt (ALF) - Konzeptbeschreibung, Zielsetzung, Funktionsweise und Prozesse des Altdorfer Flexmarkts. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2018.
- FFE-63 19** Faller, Sebastian et al.: Von der Idee zum Konzept in die Demonstration: Anleitung für die Use Case Methodik. In: et - Energiewirtschaftliche Tagesfragen Juni/2019. Essen: etv Energieverlag GmbH, 2019.
- FFE-07 20** Faller, Sebastian et al.: Anwendungshilfe Use Case Methodik - Eine praktische Anwendungshilfe für die Use Case Entwicklung. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FFE), 2020.
- FFE-28 20** Faller, Sebastian et al.: Use Case Methodik mit SGAM - Die Chance für Effizienz- und Effektivitätsverbesserungen in Forschungsprojekten?. In: Tagungsband Science Lab 2020. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2020.
- SCHEL-01 16** Schellong, Wolfgang: Analyse und Optimierung von Energieverbundsystemen. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016
- ÜNB-12 18** Amprion: BILANZIERUNGSGEBIETE - Einheitliche Bezeichnung der VNB-Bilanzierungsgebiete. In: <https://www.amprion.net/Strommarkt/Bilanzkreise/Bilanzierungsgebiete/>. (Abruf am 2018-08-09); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/71XaFNfq1>); Dortmund: Amprion, 2018.