

1 Kurzzusammenfassung

Der zielstrebige Ausbau der Erneuerbaren Energien führt zwangsweise zu Veränderungen in unserem bestehenden Stromsystem. Ein Aspekt dieses Wandels ist die Anpassung der Netzinfrastruktur an die neuen Anforderungen. Bereits heute zeigen sich Engpässe bei der Übertragung von Windenergie aus den nördlichen und nordöstlichen Netzgebieten in die südlicheren Verbrauchszentren, die eine zeitweilige Reduzierung der Einspeiseleistung der betroffenen Anlagen unumgänglich machen. Um diese und zukünftige Netzengpässe zu verhindern, ist der gezielte Ausbau des Übertragungsnetzes notwendig. Spätestens seit Veröffentlichung der Dena Netzstudie I im Februar 2005 ist die Thematik in Fachkreisen und in betroffenen Teilen der Öffentlichkeit präsent.

Der Gesetzgeber hat im August 2009 auf den notwendigen, aber bisher stockenden Netzausbau reagiert. Im Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) wurde ein Bedarfsplan für vierundzwanzig Übertragungsleitungen erstellt. Dieser legt den vordringlichen Bedarf, die energiewirtschaftliche Notwendigkeit und die Vereinbarkeit dieser Leitungen mit dem § 1 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) fest. Diese verbindliche Festsetzung hat eine reduzierte Prüftiefe für die benötigten Planfeststellungsverfahren zur Folge und soll somit zu Beschleunigungen bei der Planung und Genehmigung der benötigten Trassen führen. Daneben wurde der Rechtsweg gegen Behördenentscheidungen in den vordringlichen Fällen verkürzt und erst- und letztinstanzlich dem Bundesverwaltungsgericht zugewiesen.

Aufgrund der geringen Kosten werden für neue Übertragungsleitungen üblicherweise Freileitungen eingesetzt. Wegen Bedenken der Öffentlichkeit gegen den Einfluss auf die menschliche Gesundheit, die Natur und auf das Landschaftsbild, steht die Genehmigung von Freileitungstrassen verstärkt in der Diskussion. Eine Alternative zu nichtisolierten, oberirdischen Leitungen sind im Boden verlegte Erdkabel. Sie werden von Teilen der Öffentlichkeit bevorzugt, was sich gegebenenfalls beschleunigend auf die Genehmigungen vom Netzausbau auswirken kann. Dem gegenüber stehen höhere spezifische Investitionskosten im Vergleich zu Freileitungen.

In der vorliegenden Studie wird die Frage nach dem rentablen Einsatz von Freileitungen unter besonderer Berücksichtigung der Einspeisung Erneuerbarer Energien untersucht. Dafür wurde der Fokus auf die Ausbathematik im 380kV-Übertragungsnetz gesetzt. Für die Untersuchung wurden die gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie technischen Normen der Übertragungsalternativen (Freileitung/Erdkabel) sondiert und dargestellt. In einer Bestandsaufnahme wurden die aktuelle elektrische Energieübertragung in Deutschland und die Integration von Freileitungen und Erdkabeln in den bestehenden Netzbetrieb betrachtet. Dabei wurde auf deren thermische Übertragungskapazitäten, Umwelteinflüsse, Zuverlässigkeitskennzahlen und deren Auswirkungen auf die Netzschutztechnik eingegangen und eine kurze Abschätzung des Reifegrades der Erdkabeltechnologie unternommen.

Im rein technischen Vergleich besitzt die Freileitung gegenüber der Erdverkabelung einige Vorteile: Sie besitzt eine höhere thermische Übertragungskapazität, kürzere Bauzeiten, und durch einen einfachen Zugriff sind Reparaturen bei einem Störfall schneller durchführbar. Im praktischen Betrieb sind diese Vorteile jedoch zu relativieren.

Die thermisch höhere Übertragungskapazität von Freileitungen wird durch eine bessere Wärmeabfuhr an die umgebende Luft ermöglicht, Erdkabel können Ihre Wärme hingegen nur eingeschränkt an den Erdboden abgeben. Im realen Betrieb werden Stromtrassen jedoch nie dauerhaft im Bereich der höchsten theoretischen Belastbarkeit betrieben.

Darüber hinaus ist je nach Freileitungsvariante die maximale Übertragungskapazität aus netztechnischen Gründen beschränkt. Zudem unterscheiden sich Erdkabel gegenüber Freileitungen durch höhere thermische Überlastbarkeiten, durch welche zeitlich beschränkt höhere Übertragungskapazitäten sichergestellt werden können. Ein Vergleich einzelner technischer Daten, wie der Übertragungskapazität, ist daher zu kurz gegriffen und muss im Zusammenhang des Betriebsregimes des Netzes bzw. des zeitlichen Verlaufs der zu übertragenden Leistungen gesehen werden.

Zwar sind Freileitungstrassen im Bau etwa doppelt so schnell zu realisieren, wie erdverkabelte Trassen, bei Betrachtung von Teilverkabelungen spielt dies jedoch selten eine Rolle. Geht man davon aus, dass bei einer Teilverkabelung der Anteil der Freileitung deutlich über 50 % an der Gesamttrasse liegt, ist eine Verlängerung der Bauzeit durch Verwendung von Erdkabeln auszuschließen, da bei parallelen Arbeiten an Freileitung und Erdkabeln die Bauzeit durch die Fertigstellung der gesamten Freileitungsabschnitte bestimmt wird.

Durch die bisher geringe Verbreitung von Erdkabeln im 380kV-Übertragungsnetz (2009: 20.131 km Freileitung/70 km Erdkabel) existiert in Deutschland noch keine annähernd repräsentative Ausfallstatistik für deren Einsatz. In einer umfassenderen Studie des Cigré (Conseil International des Grands Réseaux Électriques) zeigt sich für Erdkabel eine geringere Ausfallrate mit einer um ein Vielfaches höheren Ausfalldauer. Als Datenbasis liegen aber auch hier vergleichsweise wenige Ereignisse vor (40 Ausfälle bei 1.800 km Kabel). Das bisher erste 380-kV-VPE-Kabel (vernetztes Polyethylen, derzeitiger Stand der Technik im Kabelbau) wurde erst Ende der 90er Jahre in Berlin verlegt. Bis heute ist noch kein Fall bekannt, in dem eine Störung durch Versagen der Isolierung des Kabels verursacht wurde. Ausfälle von Kabeln sind derzeit vor allem durch externe Einwirkungen (z. B. Bagger) zu erwarten. Eine Schwachstelle von Kabelstrecken liegt in den Verbindungsstellen der einzelnen Kabelabschnitte (Muffen). Dort können durch Montagefehler, hauptsächlich in der Anfangszeit des Betriebs, gehäuft Ausfälle vorkommen. Nach dieser Phase kann davon ausgegangen werden, dass erst zum Ende der Lebensdauer vermehrt Störungen auftreten (Badewannenkurve).

Für die Ermittlung der Nutzenschwelle für den Einsatz von Erdkabeln wurden in einem ersten Schritt verschiedene Freileitungsvarianten (68 km Länge) und deren adäquat teilverkabelte Pendants (60 km Freileitung, 2 Kabelabschnitte mit 3 km und 5 km Länge) ermittelt, sowie deren Investitions- und Verlustkosten berechnet und verglichen. Im Vergleich sind die Investitionskosten der teilverkabelten Trassen um das 1,6 bis 2,4-fache höher als bei der reinen Freileitungslösung. Durch die Teilverkabelung reduzieren sich allerdings die Verlustkosten um ca. 10 %.

Unter der Prämisse der höheren Akzeptanz von Erdkabeln, und daher beschleunigten Genehmigung neuer Übertragungstrassen, wurde im zweiten Schritt ein zukünftiger 1-jähriger Netzengpass abgeschätzt und dessen Kosten bewertet. Basierend auf den Untersuchungen der Dena Netzstudie II wurde ein Engpass in Nordwestdeutschland im Jahr 2020 betrachtet. Die Kosten dieses Engpasses wurden dann den jeweiligen Freileitungsvarianten zugeschrieben.

In der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung aller Kosten (Investition/Übertragungsverluste/Netzengpass) zeigt sich, dass bei einer unterstellten 1-jährigen Beschleunigung des Netzausbaus durch Teilverkabelungen die betrachteten Kosten denen des reinen Ausbaus mit Freileitungen gleichzusetzen sind. Dabei sind die durch den 1-jährigen Engpass zu erwartenden Mehrkosten entscheidend. In den betrachteten Ausbauvarianten überwiegt der zeitliche Vorteil einer Teilverkabelung von Übertragungstrassen gegenüber denen zusätzlicher Investitionskosten.

Praktisch muss dies jedoch einzelfallbezogen ermittelt werden, da in Abhängigkeit von der Trasse die zusätzlichen Kosten für eine Teilverkabelung variieren und je nach Projekt unterschiedliche Betrachtungshorizonte vorliegen. Diese gesamtwirtschaftliche Betrachtungssystematik sollte jedoch ohne großen Mehraufwand im Rahmen von bereits stattfindenden Bedarfsrechnungen für den zukünftigen Netzausbau, wie z. B. den Dena Netzstudien, möglich sein. Für eine monetäre Bewertung ist es erforderlich, die Opportunitätskosten des verzögerten Netzausbaus, d.h. die Kosten der nicht übertragbaren elektrischen Arbeit, zu bestimmen. Die in der Studie angewendete Methode kann daher als Grundlage für zukünftige umfassendere Kostenvergleiche verschiedener Übertragungsvarianten verwendet werden.