

# 1 Einleitung

Wesentliche Rahmenbedingungen für die Planung und Genehmigung des Ausbaus der Übertragungsnetze in Deutschland sind im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) festgelegt. Das EnWG legt als übergeordnetes Ziel in § 1 fest, dass die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität möglichst

- sicher,
- preisgünstig,
- verbraucherfreundlich,
- effizient und
- umweltverträglich

sein soll. Dies gilt auch für den Betrieb der Stromnetze (§ 11 Abs. 1 EnWG). Hierfür wird geregelt, dass die Netze sicher, zuverlässig und leistungsfähig, sowie im Bedarfsfall auszubauen sind. Dabei sind bei den verwendeten Anlagen die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu berücksichtigen (§ 49 EnWG).

Gemäß § 12 Abs. 3 EnWG hat TenneT als Betreiber eines Übertragungsnetzes dauerhaft die Fähigkeit des Netzes sicherzustellen, die Nachfrage nach Übertragung von Elektrizität zu befriedigen und insbesondere durch entsprechende Übertragungskapazität und Zuverlässigkeit des Netzes zur Versorgungssicherheit beizutragen. Die Aufgaben von TenneT umfassen somit neben dem bedarfsgerechten Netzausbau auch insbesondere den sicheren und zuverlässigen Betrieb und die Instandhaltung des Stromübertragungsnetzes in großen Teilen Deutschlands.

Die Anforderungen an die dabei zu verwendenden Mastbauformen ergeben sich neben der eigentlichen Errichtung auch aus dem Betrieb und der Instandhaltung der Maste.

Die klassische Mastbauform in den deutschen Übertragungsnetzen ist der Stahlgittermast, wie er in Kapitel 4.1 des Erläuterungsberichts der vorliegenden Planfeststellungsunterlagen detailliert dargestellt ist. Auch die Planung für den Ersatzneubau der 380-kV-Leitung Stade - Landesbergen basiert auf den technischen Grundlagen und Eigenschaften von Stahlgittermasten. Im Rahmen dieser Planfeststellungsverfahren wird immer wieder der Einsatz alternativer Mastbauformen, insbesondere sogenannter Kompaktmaste gefordert. Eine Stellungnahme der BNetzA zu den regulatorischen Voraussetzungen für den Einsatz von Vollwandkompaktmasten eröffnet grundsätzlich die Möglichkeit zu deren Entwicklung und Anwendung, auch wenn Fragen zur Anerkennung beim Effizienzbenchmarking weiterhin offen sind. Im vorliegenden Bericht wird ein möglicher Einsatz von Kompaktmasten im Rahmen des Projekts 380-kV-Leitung Stade - Landesbergen bewertet.

# 2 Technische Bewertung

Die Anforderungen an Mastbauformen ergeben sich nicht nur aus dem Bau der Maste, sondern auch aus dem Betrieb und der Instandhaltung. Durch die DIN EN 50341 werden die

## Kurzbewertung von Kompaktmasten

380-kV-Leitung Stade – Landesbergen,  
Abschnitt 6: Hoya – Steyerberg, LH-10-3039



allgemeinen Anforderungen festgelegt, die bei der Planung und Errichtung neuer Freileitungen erfüllt werden müssen. Die Einhaltung der Norm gewährleistet unter anderem die Personensicherheit und den sicheren Leitungsbetrieb und berücksichtigt Aspekte wie Umweltauswirkungen und die Instandhaltung einer Freileitung. Diese normativen Regelungen sind allerdings nur als Minimalanforderungen zu verstehen, um entsprechende Freileitungen sicher errichten und betreiben zu können. Als Übertragungsnetzbetreiber kann und muss TenneT darüber hinaus weitere Anforderungen ableiten, um seiner Aufgabe, einen sicheren, zuverlässigen und leistungsfähigen Netzbetriebs sicherzustellen, gerecht zu werden.

Für die Errichtung der Maste sind Zuwegungen zu den Maststandorten sowie temporäre Flächeninanspruchnahmen an den Maststandorten notwendig, um mit den erforderlichen Geräten (Bagger, Kran) arbeiten bzw. Material (z.B. Maststahl), aber auch Erdaushub lagern zu können. Es ist ein wichtiges Ziel, nach Abschluss der Bautätigkeiten und Inbetriebnahme der Leitung wieder eine normale Bewirtschaftung der Flächen (z. B. landwirtschaftliche Nutzung) zu ermöglichen. Stahlgittermasten werden für Wartung und Instandsetzung sowie Beseitigung von kleinen Schäden über dort angebrachte Sicherheitssteigbolzen von Monteuren bestiegen. Hierzu sind keine Geräte wie Hubsteiger oder Kräne notwendig. Aus diesem Grund sind weder dauerhafte Zuwegungen, noch eine dauerhafte Flächeninanspruchnahme an den einzelnen Maststandorten zusätzlich notwendig.

- Bei Kompaktmasten ist, ähnlich wie bei Windkraftanlagen, eine zusätzliche, dauerhafte Inanspruchnahme für Stellflächen von Geräten für Inspektion und Wartung der Maste (z. B. Hubsteiger) in der Mastumgebung notwendig, die von der Fläche her größer sind als die Differenz der Bodenaustrittsmaße von Kompakt- bzw. Gittermasten.

Alternative Mastbauformen müßten für einen Einsatz beim Ersatzneubau Stade – Landesbergen, Abschnitt 6: Hoya – Steyerberg vergleichbare technische Eigenschaften (unter den Anforderungen der DIN 1055-4 Windlastzone 2 und der DIN 1055-5 Eislastzone 2) wie die Stahlgittermasten der heutigen Bestandsleitung aufweisen, damit die geplanten Maststandorte beibehalten werden könnten.

- Derzeit ist jedoch kein Kompaktmastsystem bei TenneT verfügbar, das die Anforderungen des Projekts und TenneTs erfüllt.
- Eine Umplanung des Trassenverlaufs oder eine Vergrößerung der Anzahl der Maststandorte ist auf Grund des schon weit fortgeschrittenen Planungsprozesses ohne massive Zeitverzögerungen nicht realisierbar. Aufgrund des dringenden Bedarfes für diese Leitung sind aber weitere Zeitverzögerungen nicht hinnehmbar.
- Davon unabhängig war eine Berücksichtigung von Kompaktmasten zum Zeitpunkt der Trassierungsplanung nicht möglich, da die Entwicklung und Prüfung neuer Mastbauformen im Interesse der Anlagen- und Versorgungssicherheit sehr sorgfältig vorstatten geht und bis heute nicht abgeschlossen werden konnte. Somit fehlt ein im TenneT-Versorgungsgebiet geprüftes und abgenommenes Kompaktmastgestänge.

Der Bau von neuen Freileitungen erfordert sowohl von TenneT, als auch von der Gesellschaft hohe Investitionen. Dafür stehen die Freileitungen in der bisher üblichen technischen Ausführung aber auch sehr lange zur Verfügung. Aufgrund der umfangreichen Erfahrungen

## Kurzbewertung von Kompaktmasten

380-kV-Leitung Stade – Landesbergen,  
Abschnitt 6: Hoya – Steyerberg, LH-10-3039



beträgt die erwartete technische Lebensdauer der wichtigsten Komponenten eines Freileitungssystems ca. 100 Jahre für Stahlgittermasten bei regelmäßiger Wartung (d. h. Überprüfung und gegebenenfalls Nachbesserung des Schutzanstrichs), sowie ca. 50-70 Jahre für Leiterseile und Isolatoren.

Sofern alternative Mastbauformen eingesetzt werden, muss ein ausreichender Schutz vor äußeren Einflüssen, insbesondere Korrosionsschutz, sichergestellt sein. Für Bauteile, welche auf Grund ihrer Größe nicht feuerverzinkt werden können, ist ein entsprechendes Korrosionsschutzkonzept zu erstellen. Dies gilt insbesondere auch für Stellen, die einer langfristigen Inspektion und Wartung nicht zugänglich sind (z.B. Innenraum von Vollwandmasten).

- Ausreichende Erfahrungen, die eine abschließende Bewertung des dauerhaften Korrosionsschutzes bei Kompaktmasten zulassen, liegen derzeit nicht vor.
- Inwiefern der sichere Betrieb über einen mit einem Stahlgittermasten vergleichbaren Zeitraum gewährleistet ist, kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden.
- Für Kompaktmasten gibt es aufgrund der komplizierten Fertigung bislang nur einen begrenzten Anbieterkreis
- Kompaktmasten sind vor allem bei geringen Nennspannungen schon länger im Einsatz. Dortige Erfahrungen zeigen, dass Kompaktmaste den statischen Anforderungen starker Leitungswinkel nicht gewachsen sind bzw. das Kosten-Nutzenverhältnis dabei noch einmal deutlich schlechter ausfällt. Eine Kombination von Gittermasten als Winkelmaße und Kompaktmaste als Tragmaße ist zwar theoretisch denkbar, wurde aber noch nie realisiert und wäre optisch sehr unvorteilhaft.

### 3 Ökonomische Bewertung

Der Netzausbau muss schon aufgrund der gesetzlichen Vorgaben (§ 1 Abs. 1 EnWG) möglichst preisgünstig erfolgen.

Kompaktmasten verursachen generell höhere Kosten als die konventionellen Mastbauformen. Für Stahlvollwandmasten betragen die Investitionskosten nach derzeitigem Kenntnisstand das etwa 1,5- bis 3-fache eines Stahlgittermastes. Nach der Erfahrung von TenneT ergeben sich Mehrkosten nicht nur bei den Materialkosten (ein Stahlvollwandmast hat etwa das 1,5-fache Gewicht eines entsprechenden Stahlgittermastes, bei Betonmasten liegt der Faktor bei 3,5). Auch die dem Mehrgewicht geschuldete stärkere Gründung, massive rechteckige Fundamentausbildung mit aufwendigerer Wasserhaltung, verursacht deutliche Mehrkosten. Bei einer Gesamtbetrachtung ist daher von einer Kostensteigerung auf das etwa 4-fache auszugehen.

Zwar ist die Möglichkeit des Einsatzes von Kompaktmasten zwischenzeitlich von der Bundesnetzagentur bestätigt worden, jedoch ist nur eine moderate und angemessene Kostensteigerung, sowohl für Investitions- als auch Betriebskosten im Sinne des § 1 Abs. 1 EnWG vertretbar.

- Angesichts der derzeit unkalkulierbaren Kostenrisiken erachtet TenneT für dieses Projekt den Einsatz von Kompaktmasten als nicht vertretbar.
- Derzeit ist kein ausgearbeitetes und nachprüfbares technisches Gesamtkonzept für Kompaktmasten, die den Anforderungen des Projektes entsprechen, verfügbar.

## 4 Umweltfachliche Bewertung

Kompaktmasten werden oft als vorteilhaft im Hinblick auf die Beeinträchtigung von Natur und Umwelt dargestellt. Bei differenzierter Betrachtung und vergleichender Bewertung der Eingriffe kann diese Aussage jedoch nicht nachvollzogen werden.

Die Wirkfaktoren durch den Bau und den Betrieb der beantragten Freileitung auf die Umwelt sind in den Antragsunterlagen zur Planfeststellung ausführlich und umfassend dargestellt. Vergleicht man dabei die möglichen Änderungen durch den Einsatz von Kompaktmasten, ergeben sich in vielen Fällen keine oder nur geringe Änderungen der Auswirkungen. Der Kompaktmast ist dabei nicht durchgehend von Vorteil. Durch die größeren Abmessungen und Gewichte der Bauteile ist eine spezielle Transportlogistik erforderlich. Deutlich größere und schwerere Maschinen kommen zum Einsatz, die hinsichtlich Zuwegungen und Arbeits- und Montageflächen an den Mastbaustellen stärkere Auswirkungen hervorrufen können. Insbesondere durch die Notwendigkeit von dauerhaften Zuwegungen und Montageflächen an den Standorten der Kompaktmaste steigt auch der Flächenbedarf, der dauerhaft einer anderen Nutzung entzogen wird. Ein größerer Flächenbedarf hat einen größeren Kompensationsbedarf zur Folge.

- Es kann daher nicht von einer generell geringeren Auswirkung auf Natur, Pflanzen und Tiere durch den Bau und Betrieb von Kompaktmasten gesprochen werden.

Zwar ist das Austrittsmaß eines Kompaktmasten geringer, das Fundament ist dagegen deutlich aufwändiger als bei einem Stahlgittermast. Aufgrund des größer dimensionierten Fundaments ist der Grad der Flächenversiegelung bei einem Kompaktmast höher als bei einem Stahlgittermast.

Die Dimensionen der Fundamente von Kompaktmasten müssen wesentlich größer sein, da auch hier die statischen Kräfte der Freileitung in den Boden abgeleitet werden müssen. Erfahrungen aus den Niederlanden deuten darauf hin, dass die Fundamentgrößen deutlich ansteigen (die größeren Mastgewichte und die höheren Fundamentlasten der Vollwandmaste müssen durch eine erhöhte Betonkubatur und Stahlbewehrung unter der Erdoberkante kompensiert werden) und ein Flächenbedarf in der Größenordnung von 300 bis 400 m<sup>2</sup> entsteht, während dies bei einem durchschnittlichen Gittermast lediglich ca. 200 m<sup>2</sup> sind. Diese Fundamentfläche wird wieder mit einer Bodenschicht überdeckt und kann bewirtschaftet werden. Dennoch sind die Eingriffe in den Boden stärker. Hinzu kommt, dass durch die größeren Abmessungen und Gewichte der Bauteile bei Kompaktmasten während des Baus deutlich größere und schwerere Maschinen zum Einsatz kommen, die hinsichtlich Zuwegungen und Arbeits- und Montageflächen an den Mastbaustellen stärkere Auswirkungen hervorrufen. Dies betrifft zum einen den notwendigen Flächenbedarf, aber auch Bau von Wegen, Verrohrungen, Überfahrten usw. Die Gefahr für Bodenschädigungen durch Verdichtung steigt stark an.

## Kurzbewertung von Kompaktmasten

380-kV-Leitung Stade – Landesbergen,  
Abschnitt 6: Hoya – Steyerberg, LH-10-3039



- Besonders im Hinblick auf die im Projektgebiet verbreitet anzutreffenden sensiblen und verdichtungsempfindlichen Böden ist der Eingriff in den Boden durch die Gründung der Kompaktmasten äußerst nachteilig.

Freileitungen beeinflussen das Landschaftsbild in negativer Weise, auch in Ausführung mit Kompaktmasten. Ob teiltransparente Stahlgitterkonstruktionen oder Vollwandausführungen, evtl. sogar als Doppelpylon, eine stärkere Beeinträchtigung darstellen, ist subjektiv und auch einem gewissen Zeitgeist unterworfen.

- Für das typische Landschaftsbild im Projektgebiet und seine Vorbelastung (z. B. durch andere Freileitungen oder durch Windenergieanlagen) lässt sich generell keine bessere Eignung von Kompaktmasten attestieren.
- Betrachtet man die 220-kV-Bestandsleitung in der realen Umgebung, so spielen die teiltransparenten Stahlgittermasten im Vergleich zu den zahlreich vorhandenen Windkraftanlagen eher eine untergeordnete Rolle.
- Auch im Bereich der Hecken- und Waldstrukturen ist der Stahlgittermast im Vergleich zu den Vollwandmasten der Windenergieanlagen subjektiv als ‚eher unauffällig‘ zu bezeichnen.

Als möglichen Vorteil für den Kompaktmast wird die geringere Schienenbreite bei Waldquerungen angegeben. Für das Projekt 380-kV-Leitung Steyerberg - Landesbergen spielt der Eingriff in Wälder nur eine untergeordnete Rolle, im Bereich der Trasse liegen keine größeren Waldflächen. Bestehende Schienen der 220-kV-Bestandsleitung werden weitestgehend genutzt. Durch den Einsatz von Kompaktmasten würden sich diesbezüglich keine oder nur geringe Vorteile ergeben.

Die Bodenaustrittsfläche bei Stahlgittermasten ist quadratisch und hat im Projekt Stade – Landesbergen Abschnitt 6: Hoya – Steyerberg ein durchschnittliches Maß von 144 m<sup>2</sup> (ca. 12 x 12 m). Bei einstielligen Vollwandmasten werden in Pilotprojekten Durchmesser der Stahlrohre von 3 bis 7 m angegeben, was zu Bodenaustrittsflächen von 7 bis 40 m<sup>2</sup> führen würde und damit eine deutliche Verringerung darstellt. Dies könnte insbesondere auf landwirtschaftlich genutzten Flächen die Einschränkungen für den Eigentümer oder Pächter merklich verringern, je nach Lage auf dem Flurstück. Allerdings gilt auch dies nur, solange durch den Einsatz von Kompaktmasten die Gesamtzahl der notwendigen Maststandorte nicht deutlich erhöht wird und keine dauerhaften Aufstellflächen benötigt werden, die der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen würden. Anzumerken ist jedoch, dass die von den Stahlgittermasten beanspruchte Fläche nicht generell als vollständig verloren angesehen werden kann. Werden Flächen beispielsweise beweidet, so kann auch die Fläche zwischen den einzelnen Fundamenten genutzt werden. Der unmittelbare Flächenverlust beschränkt sich auf die vier Einzelfundamente und beträgt ca. 10 m<sup>2</sup>.

## Kurzbewertung von Kompaktmasten

380-kV-Leitung Stade – Landesbergen,  
Abschnitt 6: Hoya – Steyerberg, LH-10-3039



- Ein genereller Vorteil für Kompaktmasten entsteht somit nur für intensiv bewirtschaftete Flächen, da die Bewirtschaftungserschwerung deutlich reduziert werden kann. In sensiblen, extensiv bewirtschafteten oder durch Weidebetrieb genutzten Flächen bringt ein Stahlgittermast keine Nachteile mit sich.

Weiterhin ist die Aussage, dass Kompaktmasten generell geringere elektromagnetische Felder erzeugen und damit mögliche gesundheitliche Belastungen reduzieren würden, nicht haltbar. Die elektromagnetischen Felder einer Freileitung hängen im Wesentlichen von den Betriebsbedingungen – also Betriebsspannung und – Stromstärke – ab. Darüber hinaus spielen die geometrische Anordnung der Phasen und ihr Abstand zueinander eine Rolle. Auch hat die Lage der einzelnen Phasen an den Aufhängepunkten einen deutlichen Einfluss auf die bodennahen Feldverläufe. Deshalb ist bei einer Gegenüberstellung verschiedener Konfigurationen insbesondere darauf zu achten, dass jeweils vergleichbare Phasenordnungen betrachtet werden. Die Bauweise der Masten selbst – ob aus Stahlgitter, Vollwandstahl oder Beton – hat keinen Einfluss auf die Feldstärken.

- Insgesamt zeigen Kompaktmaste also keine wesentlichen Vorteile bei den relevanten Umweltauswirkungen im Vergleich zu herkömmlichen Stahlgittermasten.

## 5 Zusammenfassung und Fazit

Neben den grundlegenden technischen Normen und Vorschriften müssen Mastbauformen auch weiteren Anforderungen des Übertragungsnetzbetreibers genügen, damit dieser seine gesetzlichen Aufgaben und Pflichten vollumfänglich erfüllen kann. Diese zusätzlichen Anforderungen leiten sich im Wesentlichen aus betrieblichen Notwendigkeiten ab und begründen sich aus Aspekten der Sicherheit, zum einen der Versorgungssicherheit, aber auch der Arbeitssicherheit für das Personal des Übertragungsnetzbetreibers.

Insgesamt ist nach derzeitigen Stand kein technisch ausgearbeitetes und nachprüfbares Gesamtkonzept für Kompaktmasten, die den Anforderungen des Projekts und TenneTs entsprechen, verfügbar. Somit ist derzeit weder eine verlässliche Beurteilung aller Auswirkungen auf verschiedene Schutzgüter, noch eine Abschätzung der zu erwartenden Mehrkosten möglich. Unter diesen Voraussetzungen bieten Kompaktmasten im vorliegenden Projekt keine signifikanten Vorteile gegenüber den erprobten und ausgereiften Stahlgittermasten. Das momentan mit Kompaktmasten verbundene Risiko sowohl in technischer, zeitlicher und auch wirtschaftlicher Hinsicht steht in keinem adäquaten Verhältnis zu möglichen Verbesserungen.

Daher beantragt die Vorhabenträgerin mit den Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren das Projekt 380-kV-Leitung Abschnitt 6: Hoya - Steyerberg den Einsatz der geprüften und bewährten Stahlgittermasten.