



# Bundesverband Kompaktleitung

Martin Hellwig, Geschäftsführer

Bezirksvertretung Hohenlimburg, 02.05.18



Bundesverband  
Kompaktleitung

- 
- 1. Vorstellung Bundesverband Kompaktleitung**
  - 2. Kompaktleitung und deren Eigenschaften**
  - 3. Höchstspannung in Europa (Beispiele)**

# Vorstellung

## Bundesverband Kompaktleitung e.V.

- Gegründet 2015
- Zweck des Verbandes ist die Förderung der Entwicklung, der Verbreitung und des praktischen Einsatzes moderner Technologien für den Aus- und Neubau von Freileitungen aller Spannungsebenen in der Bundesrepublik Deutschland und Europa

## Zusammenfassung Ziele

- Schonung der Schutzgüter
- Einhaltung NOVA-Prinzip (Reduzierungen)
- Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder
- Frühzeitige Darstellung aller Alternativen
- Beschleunigung der Energiewende

## Mitglieder

- Querschnitt aus Öffentlichkeit, Vereinen, Wissenschaft, Politik und Wirtschaft
- Offene Diskussions- und Austauschplattform

## Exkurs: Im Bundesverband Kompakteitung sind namhafte deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen



# SIEMENS

## BYSTRUP



TUGRAZ ■ online



# heijmans



## witthinrich



Designer  
Jochen Hilsberg

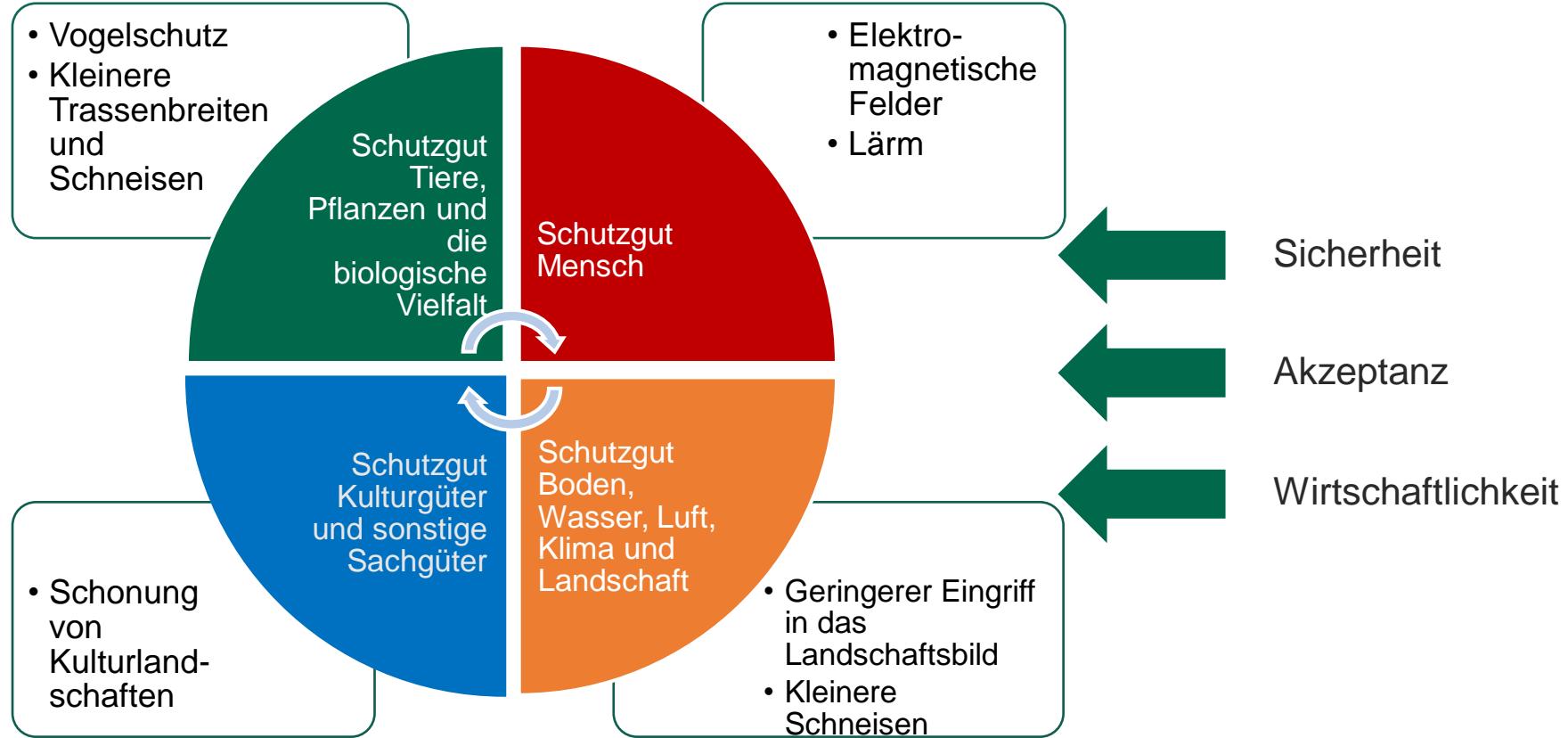
## EURO || POLES

## HIGH STEP SYSTEMS

Neben diesen Unternehmen ist ein weiterer umfangreicherer Auszug aus der Mitgliederliste des BVK online auf dessen Homepage verfügbar: [www.kompakteitung.de](http://www.kompakteitung.de)

# Anforderung EnLAG & NABEG:

1. Negative Folgen für den Menschen und seine Umwelt, wo immer es geht, zu vermeiden
2. NOVA Prinzip (**N**etz-Optimierung vor **V**erstärkung vor **A**usbau)



# Bisher diskutierte Alternativen

## Freileitung mit Gittermasten



## Erdkabel





## Vorteile

- ➔ Geschlossene Bauweise
- ➔ Sehr schlanker Mastfuß
- ➔ Geringe Trassenbreite
- ➔ Niedrige Stockwerksabstände
- ➔ Schneller Baufortschritt durch werkseitige Vormontage
- ➔ Reduzierung EM-Felder

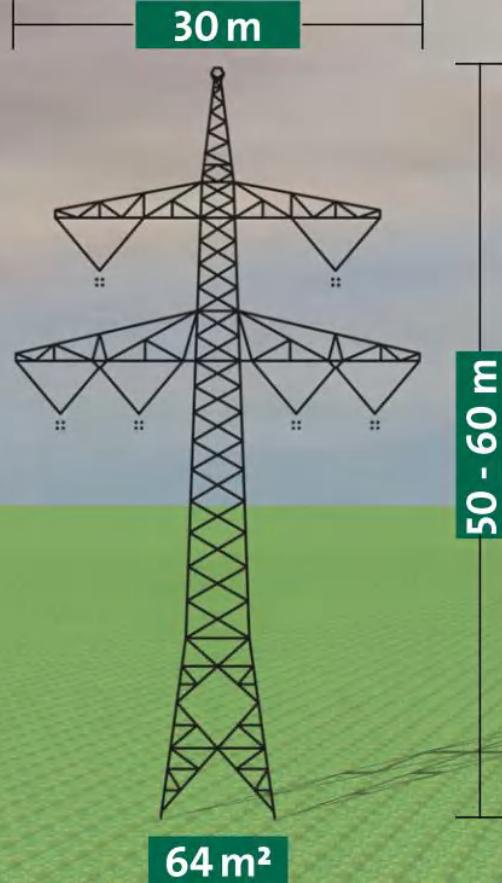
# Wer profitiert davon?

- ➡ **AnwohnerInnen**
- ➡ **Landwirte**
- ➡ **Waldbesitzer**
- ➡ **Landschaft**
- ➡ **Übertragungsnetzbetreiber**

**Mehr Infos unter <http://kompaktleitung.de/>**

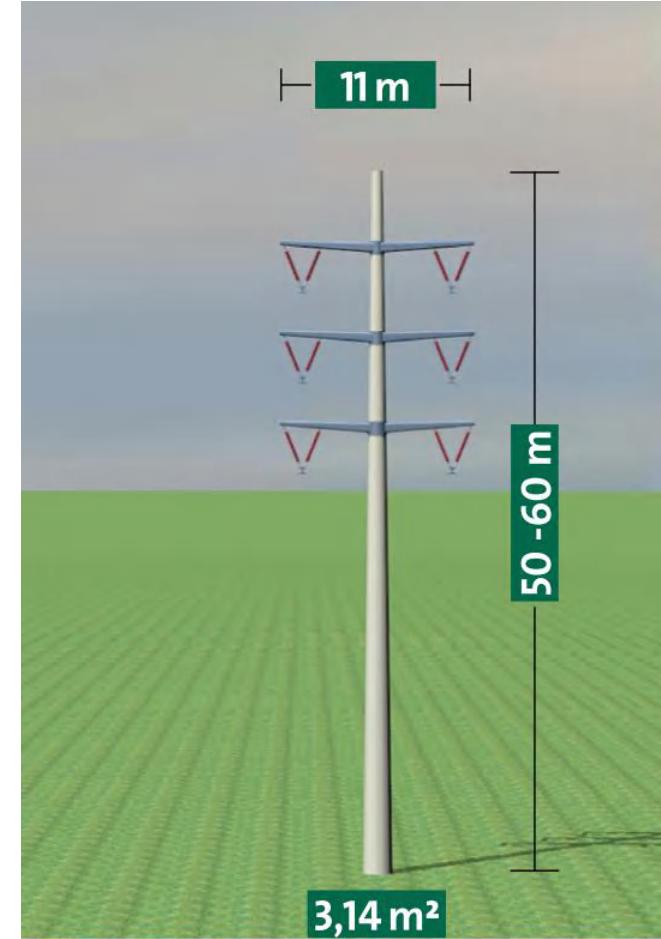
**Video <https://www.youtube.com/watch?v=uJPjWOLLp0s>**

# Kompakter – bei gleicher Wirtschaftlichkeit



Typischer Gittermast

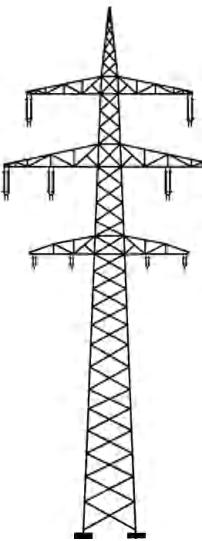
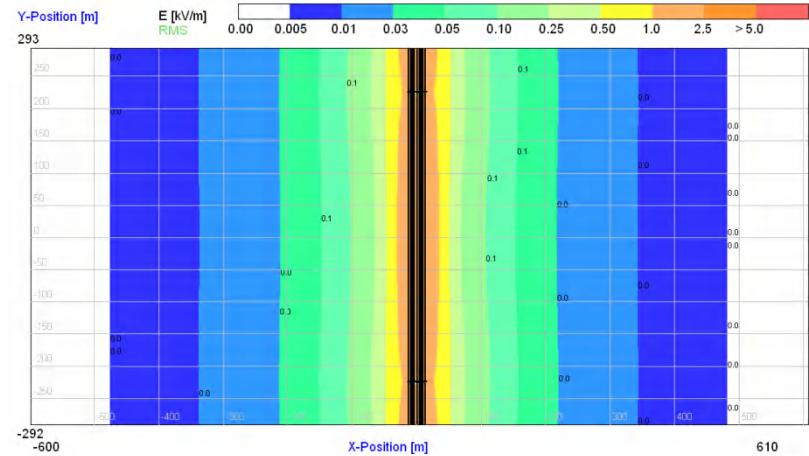
- ➲ Kompakteste Ausführung nach deutscher Norm und ohne technische Einschränkungen
- ➲ Gleiche Wirtschaftlichkeit
- ➲ Bestmögliche Akzeptanz
- ➲ Geringere elektrische und magnetische Felder
- ➲ Genehmigungsfähig



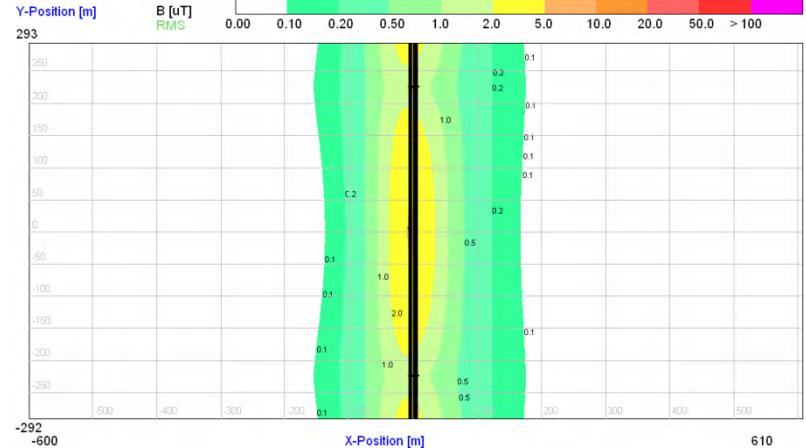
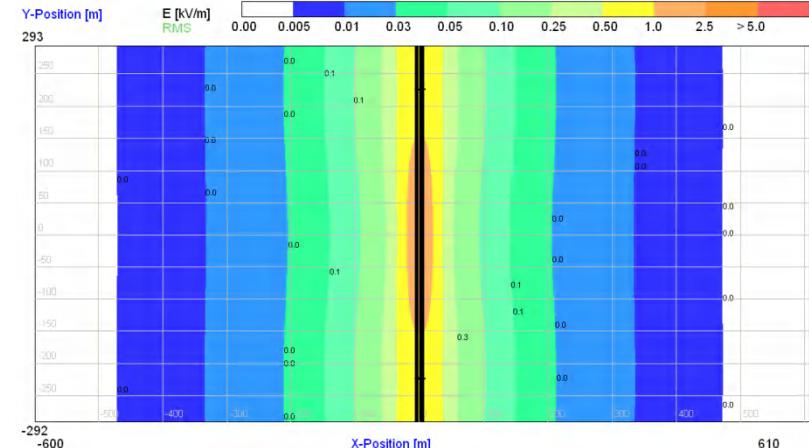
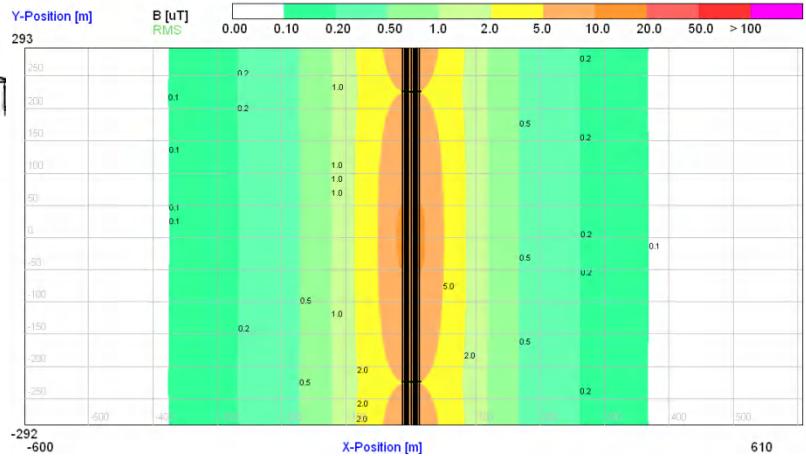
BVK  
Optimale Lösung

# Beispiel: 380kV – Birkenfeld - Ötisheim

## Elektrische Feldstärke

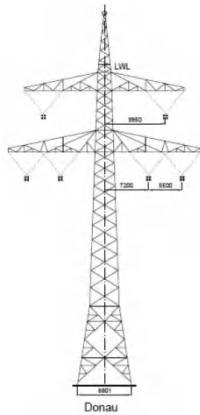


## Magnetische Flussdichte

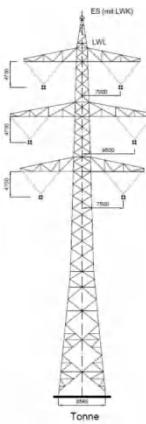


2x 380kV und 2x 110kV – Birkenfeld - Ötisheim (TransNetBw)

# Vergleich elektrischer und magnetischer Felder eines typischen 380 kV Leitungsprojekts



T4-Stahlgittermast  
25m Trassenbreite

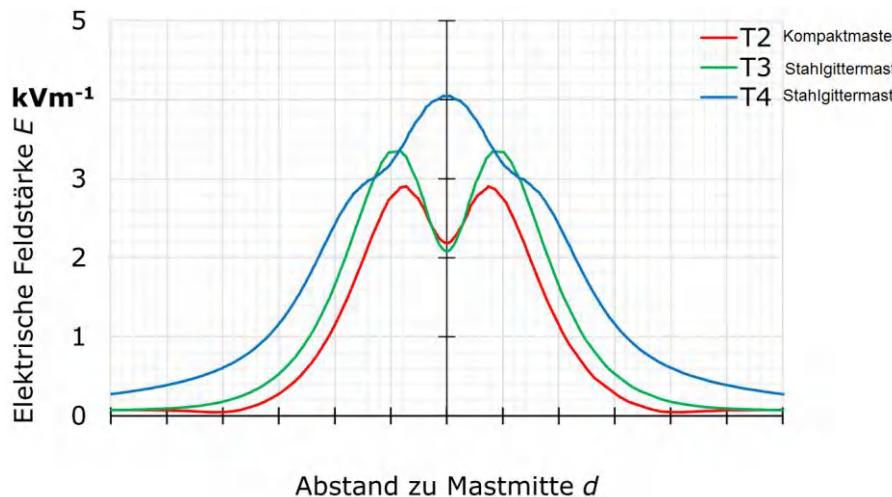


T3-Stahlgittermast  
19m Trassenbreite

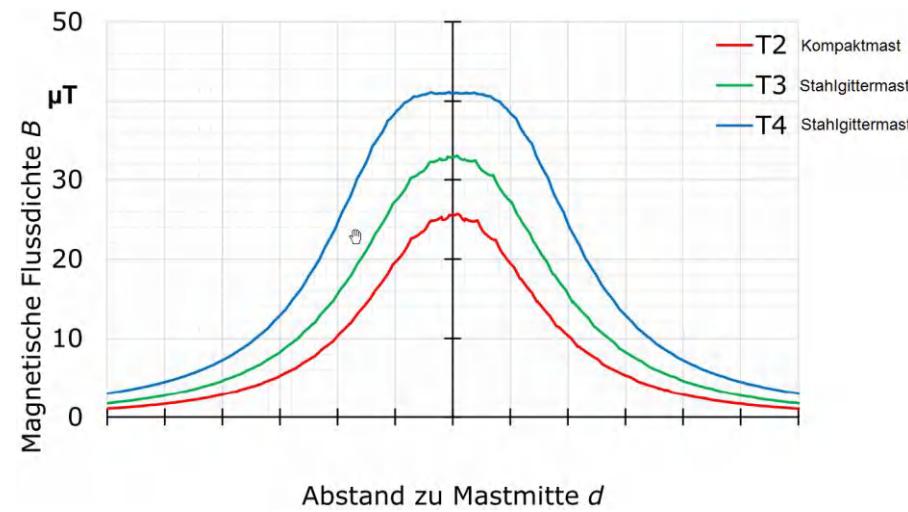


T2-Kompaktmast  
11m Trassenbreite

- Elektrisches Feld

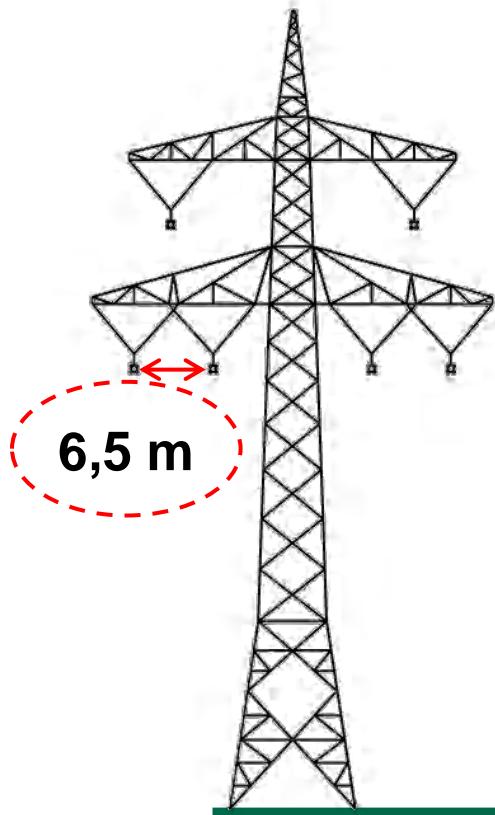


- Magnetisches Feld



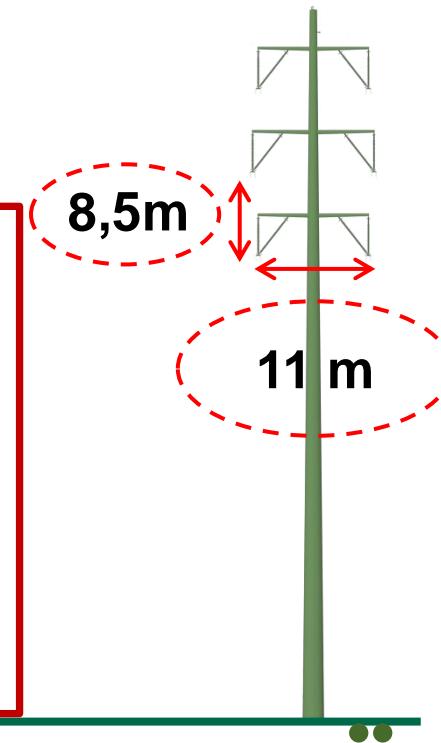
Quelle: Präsentation Technische Universität Dresden: Berechnungen der elektrischen und magnetischen Feldverteilung für verschiedene Masttypen, 27.10.2017

# Koronageräusche



**Koronageräusche im Wesentlichen abhängig von**

- ➲ Spannungsebene
- ➲ Art der Armaturen
- ➲ Abstände der Leiter untereinander („System Kopfbild“)



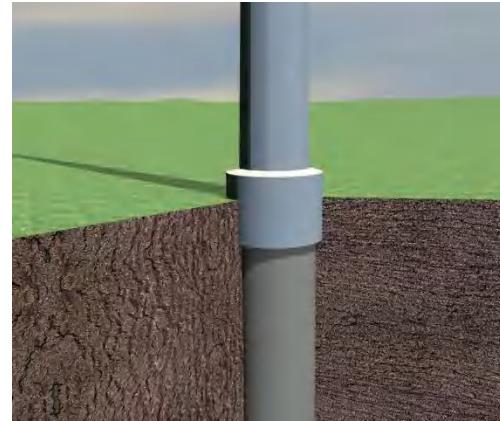
➲ Niedrige Phasenabstände  
Höhere Koronageräusche

➲ Höhere Phasenabstände  
Niedrigere Koronageräusche

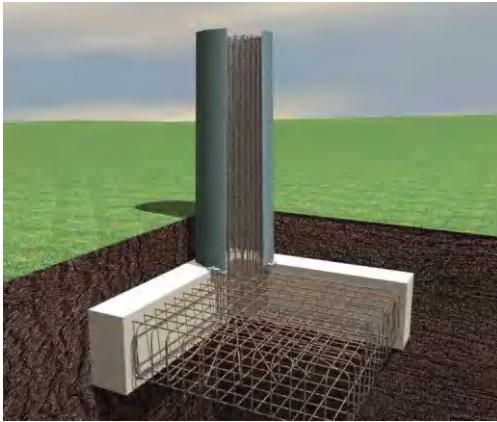
# Fundamente (alternativ)



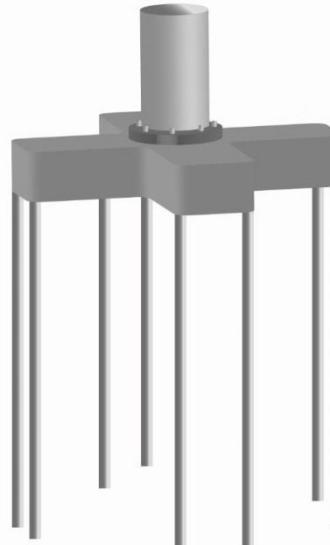
Plattenfundament mit Ankerkorb  
mit Einbindung der Altfundamente



Bohrpfahl



Plattenfundament mit Zapfen



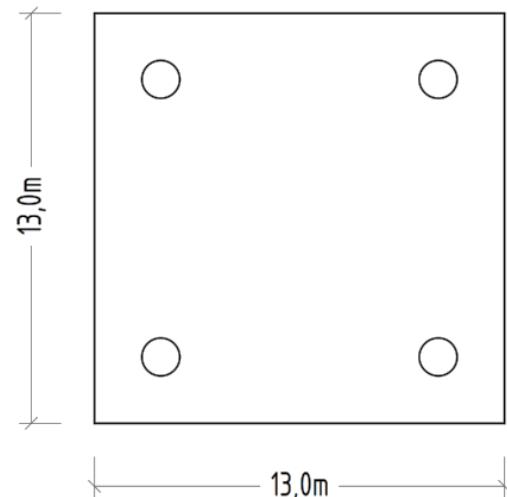
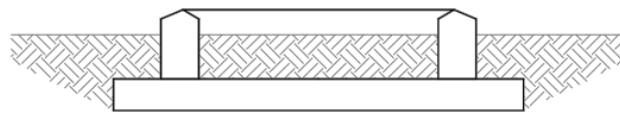
Balkenkreuz mit Mikropfählen

➲ Vielzahl von Möglichkeiten, den Flächenverbrauch (unter EOK) zu reduzieren

# Fundamentvergleich Tragmast 62 m

## Gittermast

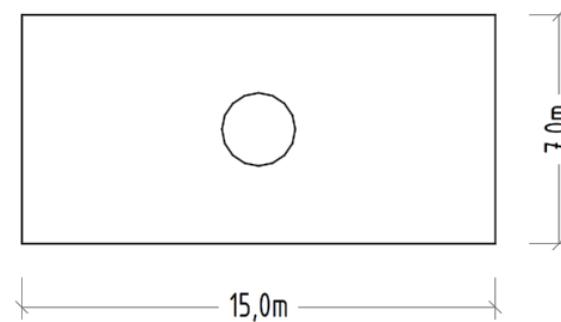
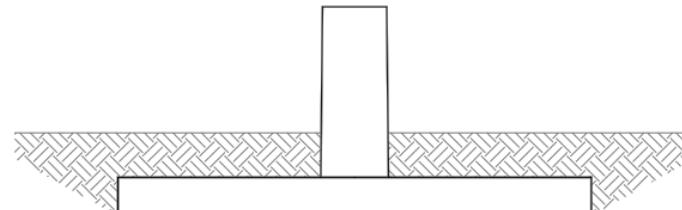
Plattenfundament



<b>Abmessungen Platte</b>	<b>13,0 m x 13,0 m x 1,0 m</b>
<b>Flächen- versiegelung</b>	<b>169 m<sup>2</sup></b>

## Kompaktmast

Plattenfundament mit Kontaktzapfen



<b>Abmessungen Platte</b>	<b>15,0 m x 7,0 m x 1,4 m</b>
<b>Flächen- versiegelung</b>	<b>105 m<sup>2</sup></b>

# Kompaktmasten ermöglichen eine Minimierung des Waldeinschlags

- **Beispiel Waldeinschlag bei 2.700 Leitungskilometer:**

- Trassenbreite Gittermast in Donaubild 25 m
- Trassenbreite Kompaktmast Tonne 11 m

Bei 32 % Waldanteil in D → **12.096.000 m<sup>2</sup> weniger Waldeinschlag**

**Entspricht über einem Fußballfeld weniger  
Waldeinschlag pro Leitungskilometer**

Bei **Berücksichtigung der Filterfunktion des Waldes**  
von jährlich bis zu 50 t Staub und Ruß pro Hektar:

**→ 60.480 t weniger Staub und Ruß in der Atmosphäre p.a. in D**

Quellen:

<https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/waelder/lebensraum-wald/13284.html>

[http://www.mittelbayerische.de/fileserver/mittelbayerische/files/31100/31101/wald\\_cs4-mz-4sp.pdf](http://www.mittelbayerische.de/fileserver/mittelbayerische/files/31100/31101/wald_cs4-mz-4sp.pdf)

# Kompaktmasten in Deutschland

## • 110 kV



110 kV  
AÜW Füssen



110 kV E.ON  
Hemmor



110 kV  
Pfalzwerke



110 kV LWS  
Wolfsburg



110 kV E.ON  
Ödelhausen-  
Althegeenberg

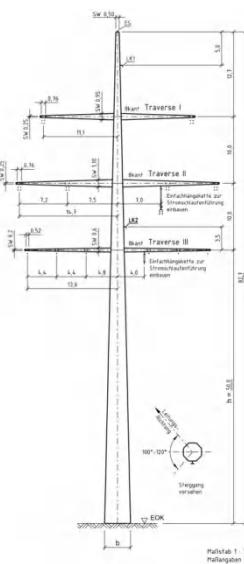


110 kV EnBW  
Hattenhof

## ■ 380 kV



380 kV Wesel – Niederlande  
Amprion, wird so aktuell  
in Deutschland gebaut



380 kV + 110 kV  
TransnetBW  
4 systemiger Mast  
Birkenfeld-Ötisheim  
wird so in  
Deutschland gebaut

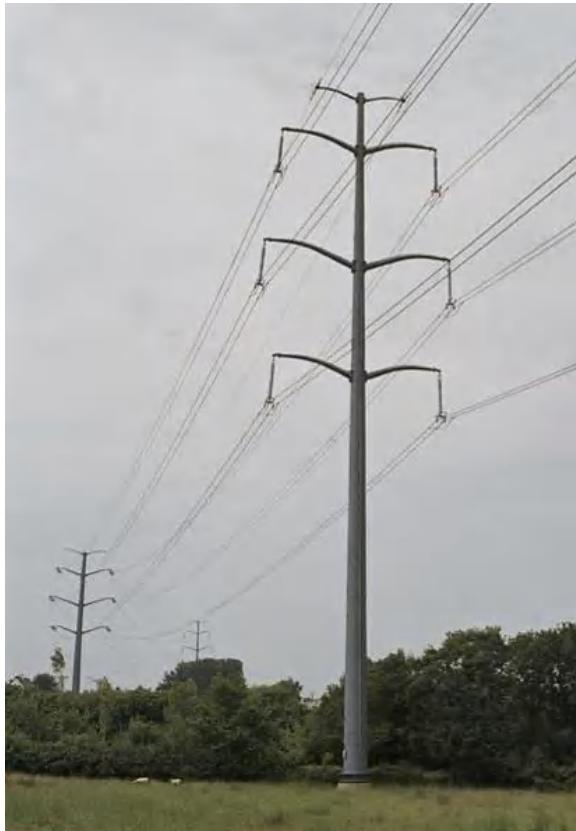


Beispiel Polen:  
380 kV Breslau

Viele weitere  
Beispiele unter:  
[www.kompaakteitung.de](http://www.kompaakteitung.de)

# Beispiele Kompaktmasten

## 380 kV Bauweise, RTE Frankreich



380 kV Mimram-Maste, Frankreich

# Beispiele Kompaktmasten

380 kV Breslau – Ring, PSE Polen



380kV Leitung Polen, Abspann- und Tragmaste

# Beispiele Kompaktmasten



2x 380kV Leitung Italien, Abspann- und Tragmaste



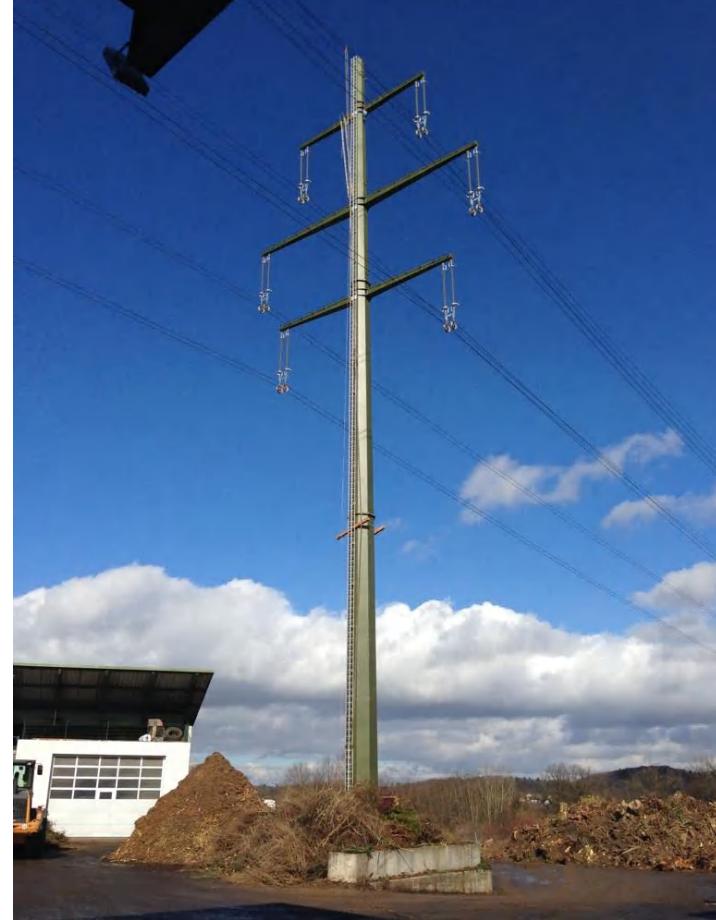
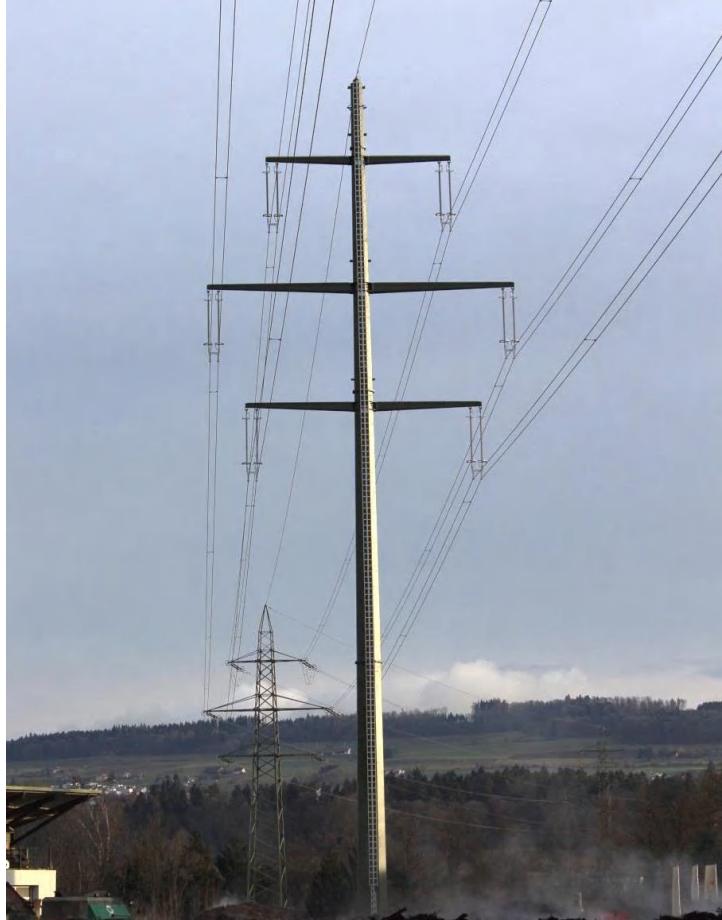
Geringer Einfluss auf die Landschaft



Paralelführung 2x 380kV

# Beispiele Kompaktmasten

## 220 kV Leitung SwissGrid, Schweiz



220kV - 2 Systeme 2er Bündel (Schweiz)

# weitere Beispiele Kompaktmasten Europa

## Einsatz von Kompaktmasten Höchstspannung - Europa

Jahr	Land	Projekt	Unternehmen
1977	Frankreich	225 kV Pylône Muguet	RTE
1999	Schweiz	400KV Lausanne Genf	Alpiq
2002	Frankreich	400 kV Tricastin Fougères	RTE
2003	Frankreich	400 kV Argoeuvres - Chevalet – Gavrelle; Roseau	RTE
2005	Portugal	220 kV Carregado - Alto Mira	REN
2007	Island	420 kV Fljotsdalslina	Landsvirkjun
2009-2012	Polen	400 kV Wroclaw-Pasikowice	PSE
2011	Polen	220 Koziencie-Mory-Piaseczno	PSE
2011	Polen	220 kV Warschau	PSE
2011	Polen	220 kV Pabianice	PSE
2012	Polen	220 kV Świebodzice	PSE
2012	Portugal	400kV Palmela - Sines 3	REN
2013	Holland	Randstadt Südring Wateringen und Bleiswijk	Tennet
2013	Polen	220 kV Sochaczew-Mory, SE Oltarzew	PSE
2013-2014	Polen	220 kV Byczyna	PSE
2014	Dänemark	400 kV "Eagle Pylon" Kassø Tjele	Energinet
2014	Norditalien	400 kV Mailand	TERNA
2014	Polen	220 kV Biskupice-Klecina	PSE
2014	Polen	400 kV Elk-Granica RP	PSE
2014	Schweiz	220 kV Obfelden-Regensdorf	Swissgrid
2014	Ukraine	330 kV Adzelyk	Ukrenergo
2015	Polen	400 kV Koziencie	PSE
2015	Polen	220 kV Puławy-Abramowice	PSE
2015	UK	400 kV "T-Pylon" Eakring	National Grid
2016	Schweiz	220 kV Cavergno-Avegno	Swissgrid
2016/2017	Frankreich	225 kV S2	RTE
2017	Deutschland	380 kV Wesel-Niederlande (Mellingen-Grenze)	Ampriion
2017	Holland	380 kV Wesel-Niederlande (Grenze-Doetinchem)	Tennet
2017/2018	Frankreich	225 kV Haute Durance	RTE
in Planung	Deutschland	380 kV Birkenfeld Otisheim	Transnet BW
in Planung	Holland	380kV Zuid-West Oost/380kV Zuid-West West	Tennet
	Norwegen	300KV und 420KV Statnett - Compact Line Rasta	Statnett
	Schweiz	380 kV EWZ Stahl	Swissgrid
	Schweiz	380 kV 220 kV EWZ Beton	Swissgrid
	Schweiz	380 kV 110 kV EWZ	Swissgrid

# Stat. Nachweis Vollwandmasten (4 Systeme)

STATISCHE BERECHNUNG NR: 20180130

Bauvorhaben Freileitungsmast WA120-28, Gestänge DB-4-DE-2016.1

Bauherr: TenneT Deutschland

In der nachfolgenden Statik wird der Winkelabspannmast WA120-28 des Gestänges DB-4-DE-2016.1 als Kompaktmast statisch nachgewiesen.

Der Kompaktmast wird als Stahlmast (16-kant) mit einer Kasentraverse ausgeführt. Die Geometrie des Gestänges DB-4-DE-2016.1 wurde vollumfänglich gemäß den Vorgaben des Gestängeberichts Bericht\_Nr\_TTG\_042\_DB-4-DE-2016.1 übernommen, eine Optimierung der Gestängegeometrie wurde nicht durchgeführt.

Die Lasten wurden gemäß den Vorgaben des Gestängeberichts Bericht\_Nr\_TTG\_042\_DB-4-DE-2016,1 ermittelt.

Die ermittelten Lasten wurden im interen Verifikationsprozess durch den Ersteller des Gestängeberichts Bericht\_Nr\_TTG\_042\_DB-4-DE-2016.1 (Herr Fuchs, Fa. Fichtner) überprüft und bestätigt.

Die Traversen wurden statisch nachgewiesen, eine detaillierte Fertigungszeichnung wird für Mast und Traverse bei Bedarf folgen.

Aufgrund der Großversuche an der Universität Karlsruhe und der Ergebniszusammenfassung im Bericht, kann der Mastquerschnitt *peripheric* (3%) höher ausgenutzt werden.

**Entspricht den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik nach §49 Absatz 2 EnWG**

Ja  Nein

#### **Lastannahmen:**

Vorgabe durch Firma Elchinger

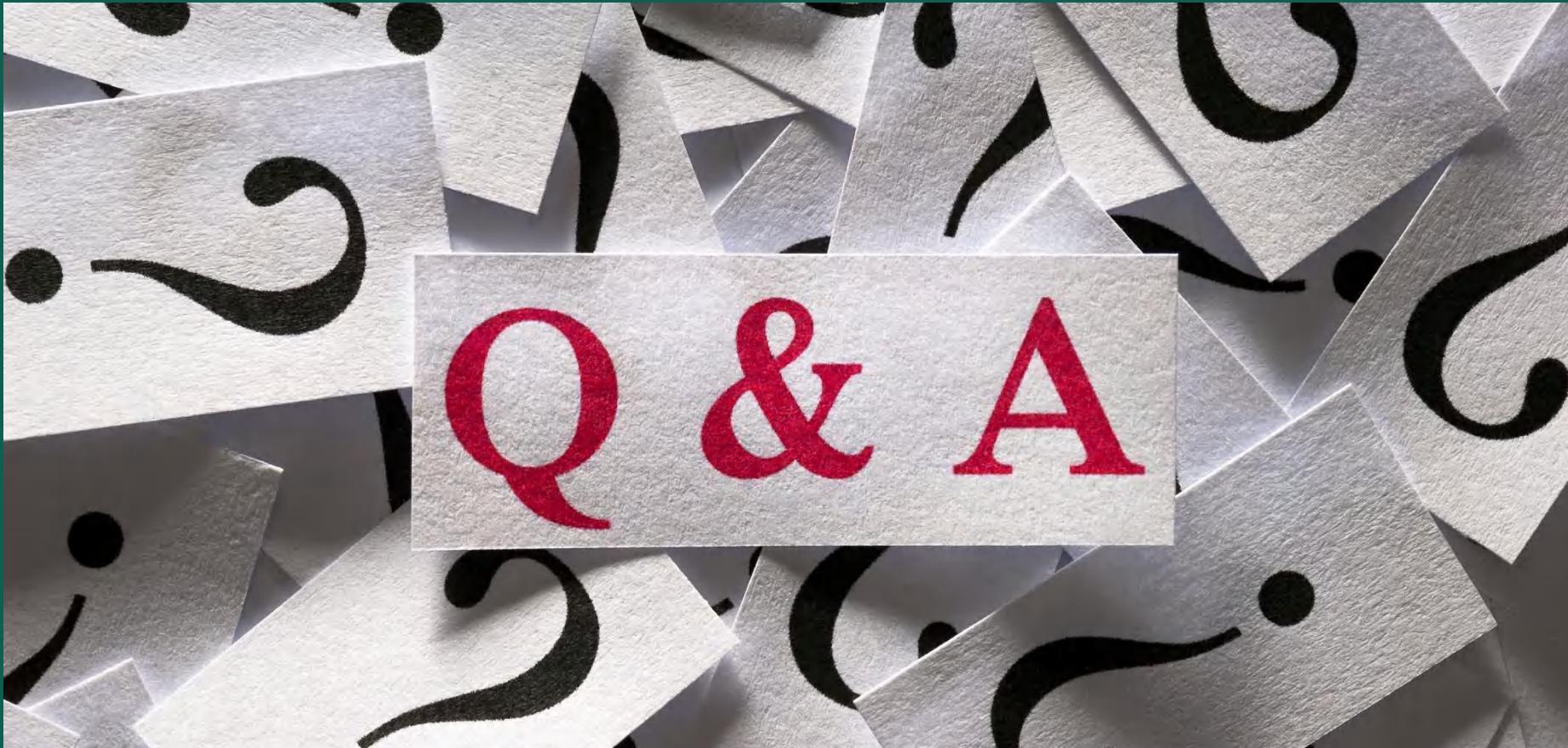
#### **Material:**

Baujahr: 1955

### **Grundlagen-**

DIN EN 50341-1:2013-11  
DIN EN 50341-2-4:2016-04  
EC 3 1993  
KIT Forschungsbericht 03ET7516G  
Fichtner Lastenbericht TTG\_042 DB-4-DE-2016\_1





Q & A

Fragen & Antworten

# Stat. Nachweis Vollwandmasten (4 Systeme)

 Ausfertigung

**DR.-ING. CARSTEN EBENAU**

Prüfingenieur für Baustatik Fachrichtung Metallbau  
Staatlich anerkannter Sachverständiger für die Prüfung der Standsicherheit  
Staatlich anerkannter Sachverständiger für Schal- und Wärmedämmung  
Mitglied der Ingenieurkammer Bau NRW; Beratender Ingenieur

45127 Essen  
Holléstr. 1  
Telefon (0201) 82743-0  
Telefax (0201) 82743-40

20.03.2018 / St

**1. Prüfbericht Nr.: E2123/18**

Auftragsumfang: Standsicherheitsnachweis

Auftraggeber: Europoles GmbH & Co KG,  
Ingolstädter Str. 51, 92318 Neumarkt

Gegenstand der Prüfung: Freileitungsmast WA120, TenneT Deutschland, ohne Werkstattzeichnungen und ohne Gründung (Entwurfsplanung)

Aufsteller: Europoles GmbH & Co KG  
P/Development  
Ingolstädter Straße 51, 92318 Neumarkt

Prüfungsunterlagen: Statische Berechnung Nr. 20180130 für WA120-28,  
16-kant Stahlvollwandmast und Kastentraversen, vom  
26.02.2018, Seiten 1 bis 141 1-fach

Sonstige Unterlagen:

- [1] Schlussbericht 03ET7516G vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) „Kompakthöchstspannungsmasten und -Traversen (KohöMaT)“ (ohne Datum der Veröffentlichung)
- [2] Zulassung für die SAS Ankermuttern WR2002 Nr. AT/2011-02-2767/2 vom Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 03-302 Warszawa 1-fach

Baugrund: Die Gründung des Mastes ist nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Allgemein: Gegenstand der Prüfung ist ein Winkelabspannmast WA120-28 mit Vollwandquerschnitt für vier 380kV / 220 kV-Systeme. Die Leiter sind auf drei Traversen angeordnet (Tannenanordnung).

**1. Prüfbericht Nr.: E2123/18**

- 2 -

Der Mastschaft wird aus 16-kant Profilen hergestellt.

Der Abspannmast WA120-28 hat am Mastkopf eine Schlüsselweite von 1244 mm. Die Konkavität beträgt 41,9 mm/m. Die Höhenlage der Erdseilaufhängung beträgt 64,5 m.

Die erforderlichen Montageschlüsse des Mastschaftes werden durch Steckverbindungen realisiert.

Der Mastschaft wird über einen Fußflansch mit doppelreihiger Ankeranordnung an das Fundament angeschlossen.

Die Gründung ist nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Bestimmungen:

DIN EN 50341-1 (2013-11), DIN EN 50341-2-4 (2016-04) und DIN EN 1993 mit den zugehörigen nationalen Anwendungsdokumenten wurden bei der Berechnung beachtet und sind bei der Bauausführung einzuhalten.

Lastannahmen:

Allgemein nach DIN EN 50341-2-4

- Windzone: 2
- Leitungswinkel: 120°

Angaben zur Besetzung, Windspannweiten oder Gewichtsspannweiten lagen nicht vor. Die Lastangaben auf den Seiten 5 bis 9 der o. a. statischen Berechnung werden als richtig unterstellt.

Untersucht wurden die Lastfälle A, D und J.

Baustoffe:

Baustahl S355 J2+N

Prüfergebnis:

Die vorgelegten bautechnischen Nachweise sind - wenn die eingetragenen Änderungen und die unter Bemerkungen aufgeführten Punkte beachtet werden - richtig.

Bemerkungen:

1. Diese Prüfung ist eine privatrechtliche, gutachterliche Stellungnahme zur Standsicherheit und Tragfähigkeit.
2. Der ausführende Betrieb für die Stahlkonstruktion muss die Anforderungen der EN 1090-2 für die Ausführungsklasse EXC 2 erfüllen und bei der Ausführung beachten.

**1. Prüfbericht Nr.: E2123/18**

- 3 -

3. Vor einer Ausführung sind Werkstattzeichnungen und Detailnachweise zur Prüfung vorzulegen.

Für die Traversen sind ankommand/abgehend unterschiedliche Gewichtskräfte nachzuweisen sowie Nachweise der Anschlüsse an den Mastschaft und der Horizontalriegel vorzulegen.

Für die Ausführung der Stoßverbindungen des Mastschaftes liegt noch keine Planung vor, da sie je nach Bautestellenanforderung festgelegt werden. Falls die Ausführung mit Steckstößen erfolgt, gelten DIN EN 50341-1 und DIN EN 50341-2-4, Abs. 7.4.8.3. Für die Stöße mit Blechdicken z 16 mm sind dann verschussgestützte statische Nachweise vorzulegen.

4. Die bautechnische Prüfung der statischen Nachweise wurde durch eine unabhängige Vergleichsrechnung durchgeführt. Es ergab sich eine ausreichende Übereinstimmung.

Für die Tragfähigkeit verzweigt der Aufsteller wegen relativ geringer Spannungsüberschreitungen ( $\leq 5\%$ ) im Stabilitätsnachweis gemäß EN 1993 für den 16-Eck-Querschnitt bei den entsprechenden Nachweisen auf die Großversuche der Universität Karlsruhe [1] und es werden ergänzend entsprechend modifizierte Nachweise geführt.

Die Prüfung ist abgeschlossen.

Sachbearbeiter: St

