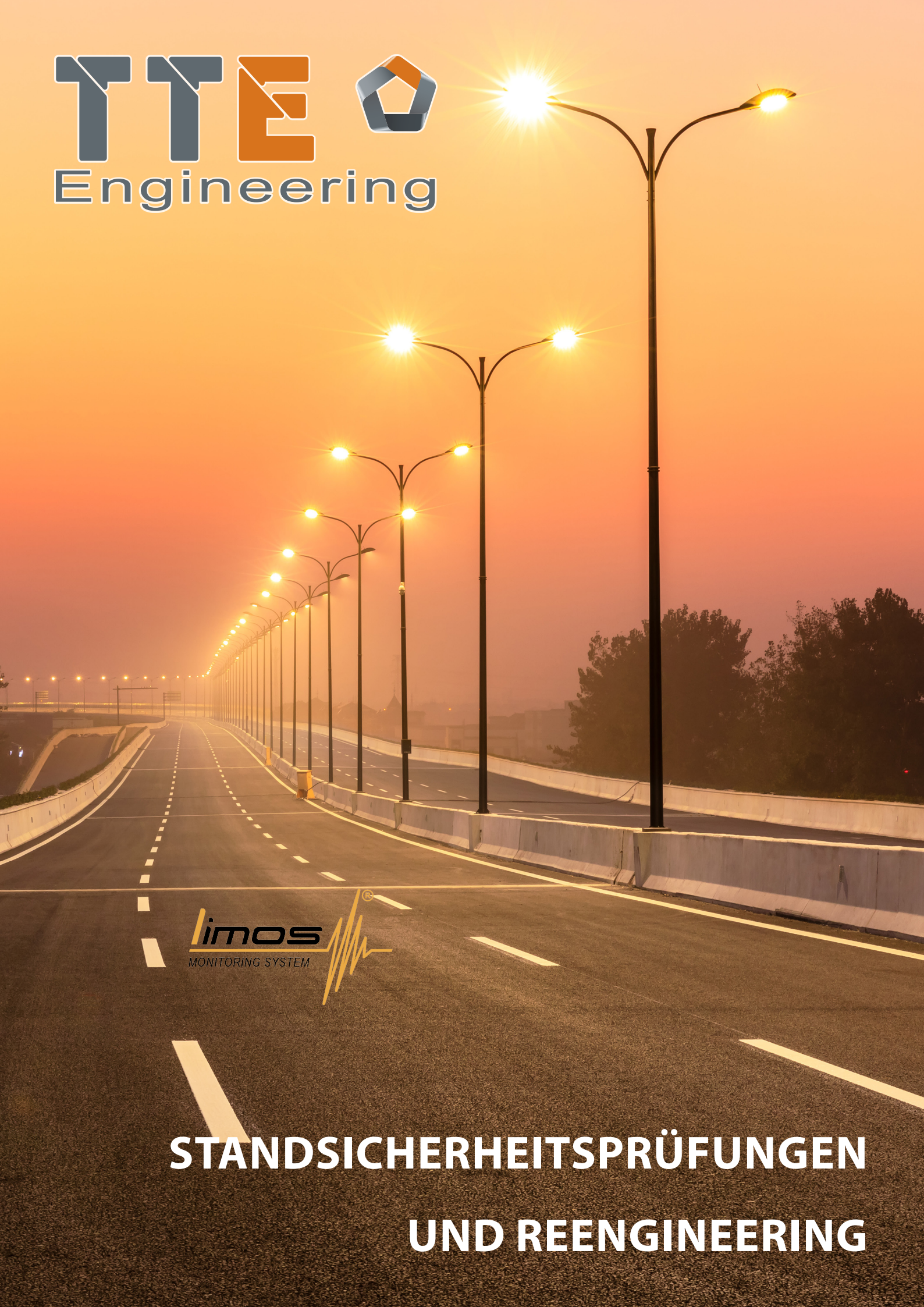
TTE Engineering



STANDSICHERHEITSPRÜFUNGEN UND REENGINEERING



Abspannmaste



Beleuchtungsmasten



Licht-Signal-Anlagen

Schadensanalyse durch Ermittlung der Systemfrequenzen

TTEngineering misst mit dem Limos System die Lage und Standsicherheit von

- Straßenbeleuchtungsmasten
- Licht-Signalanlagen
- Abspannmasten
- Von Infrastruktur Bauten

Mit der Tragsicherheit & Lagesicherheit Messung entspricht das Limos System den gestellten gesetzlichen Erfordernissen

Der Nachweis der Standsicherheit erfordert sowohl die Tragsicherheit (also die Eignung für die montierten Lasten) sowie die Lagesicherheit (die versagensfreie Gründung) also eine Betrachtung und Bewertung des Fundamentes.

Messungen von TTEngineering mit dem Limos System und der speziellen Auswertung des gemessenen Frequenzspektrums stellen den Stand der Technik dar, es handelt sich um die fortschrittlichste und aktuellste Entwicklung im Bereich Schadenserkennung und Bewertung.



Wichtiger Hinweis:

Es gelten die Lieferbedingungen der TTEngineering e.U. in der letztgültigen Fassung - einsehbar unter https:// ttengineering.at unter „Lieferbedingungen“

In Kooperation mit VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH & FNDT GMBH

TTEngineering
Hechtgasse 5
A-3382 Roggendorf
+43 650 99 39 459
office@TTEngineering.at
www.TTEngineering.at

UID Nr.: ATU68494845
Firmenbuch Nr.: FN463491f
Gerichtstand: Melk GISA31945998
Bankverbindung: Sparkasse Niederösterreich
IBAN:: AT75 2025 6000 0095 3927
BIC: SPSPAT21XXX

Impressum:
Für den Inhalt verantwortlich:
TTEngineering

Design:
Ing. Andreas Huber

Inhaltsverzeichnis

Schadensanalyse durch Ermittlung der Systemfrequenzen 2
Inhaltsverzeichnis 3
TTEngineering mit dem Limos Verfahren 4
Rechtliche Grundlagen & Parameter 5
Limos Auswertung 6
Muster Prüfprotokoll 7-8
Reegnineering 9
Ermittlung der Systemsteifigkeit aus der bzw. den Systemfrequenz(en) 10

TTEngineering mit dem Limos Verfahren

limos® MONITORING SYSTEM

Technologisch führend, wir unterstützen Sie beim sicheren und zuverlässigen Betrieb Ihrer Anlagen.

Prüfumfang:

Eine nach dem Stand der Technik ausgeführte Standsicherheitsprüfung besteht aus einer Visuellen und einer Messtechnischen Prüfung mit entsprechender Dokumentation.

Vorteile einer Messung vopn TTEngineering mit dem Limos System:

- Rechtlich sicheres Ergebnis (Verkehrssicherungspflicht/Wegehalterhaftung/Bauwerkshaftung/Sorgfaltspflicht)
- Trage und Lagesicherheitsprüfung (Mast und Fundament)
- Keine Verkehrseinschränkung
- Zerstörungsfreie Prüfung
- reproduzierbar
- walk-by System (Was zu Fuß erreichbar ist kann gemessen werden)
- Übersichtliche Excel Auswertung
- Einzelprüfprotokolle mit Fotos
- GPS Koordinaten werden bei jeder Messung erfasst
- 1000fach bewährt

Praktischer Anwendungsfälle

In Ihrer Verantwortung (Autobahnen/Straßen/Parkplätze/ Gemeindegebiet/Industrieanlagen/Hotelanlagen....) kommen Sie Ihrer Verpflichtung nach und lassen durch Messungen mit dem Limos System die Standsicherheit prüfen. Entsprechend des Zustandes erhalten Sie einen garantierten Zeitraum für die Standsicherheit bis zum nächsten Prüfintervall von max. 8 Jahren

Sie haben einen durch Korrosion/Unfallschaden/Unterwaschung Fundament...geschädigten Masten und müssen die Stand und Lagesicherheit feststellen.....mit dem Limos System kann dies sofort an Ort und Stelle gemessen und bewertet werden. Auch hier bekommen Sie einen garantierten Zeitraum für die Standsicheheit bis zum nächsten Prüfintervall.

Reengineering

Ein bestehender Mast soll mit zusätzlichen oder neuen Lasten (Schilder/Werbetafel/Kameras/anderen Leuchten usw.) bestückt werden. Ein statischer Nachweis ist erforderlich. Während eine normale Statik von Standard-Materialeigenschaften ausgeht, kann mit dem Limos System vom realen Ist-Zustand des Mastes und Fundamentes eine der Norm entsprechende garantierte Aussage zu diesen Lastfällen ermittelt werden.

Flutlichtmasten | **Bus-und Bahnanlagen** | **Sonderlösungen**

Rechtliche Grundlagen & Parameter

Weitere rechtliche Grundlagen zur Straßenbeleuchtung

Die Verpflichtung zum Betrieb einer Straßenbeleuchtung ist nicht ausdrücklich gesetzlich geregelt. Die Pflicht zum Betrieb einer Straßenbeleuchtung wird vielmehr aus verschiedenen rechtlichen Normen und aus der Rechtsprechung abgeleitet.

- **Verkehrssicherungspflicht gem. §1295 ABGB**
  Jeder, der auf seinem oder auf einem seiner Verfügung unterstehenden Grund und Boden einen Verkehr für Menschen eröffnet oder unterhält, hat für dessen Verkehrssicherheit zu sorgen.
- **Wegehalterhaftung gem. §1319a ABGB**
  Wird durch den mangelhaften Zustand eines Weges ein Mensch getötet, an seinem Körper oder an seiner Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so haftet derjenige für den Ersatz desSchadens, der für den ordnungsgemäßen Zustand des Weges als Halter verantwortlich ist, sofern er oder seine Mitarbeiter den Mangel vorsätzlich oder grob fahrlässig verschuldet haben. Wegehalter ist, wer für Kosten der Errichtung und Erhaltung des Weges aufkommt und die Verfügungsmacht besitzt und hat für die erforderlichen Maßnahmen zu sorgen.
- **Bauwerkhaftung gem. §1319 ABGB**
  Eine Außen- bzw. Straßenbeleuchtungsanlage ist im Sinne des §1319ABGB ein „aufgeführtes Werk". Der Besitzer des Bauwerks haftet, wenn Teile eines Bauwerkes herabstürzen oder sich ablösen und dadurch Schaden verursachen.

In Bezug auf die Straßenbeleuchtung haftet der Besitzer – sofern er den Betrieb nicht an Fachunternehmen auslagert – auch für die elektrotechnische Sicherheit, insbesondere die Funktion der Schutzmaßnahmen.

Rechtliche Grundlagen zum Download: hier klicken!

Parameter zur Bestimmung der dynamischen Eigenschaften

In der CBR Datenbank sind verschiedenste Masttypen und Schwingungs-Charakteristiken für Vergleichszwecke vorhanden

Gewicht und Windangriffsflächen der Zusatzmassen:
Beleuchtungskörper
Schilder
sonstige Anbauten

Mitschwingende Masse des Mastes, Materialeigenschaften:
Mastdurchmesser
Masthöhe über EOK
Konizität
Material
Temperatur zur Korrektur von Materialeigenschaften
Dichte
Mastalter

Gründung des Mastes (Drehfeder):
Steifigkeit des Bodens (Bodenbeschaffenheit)
Schäden (z.B. Rostbildung im Boden oder im Erdübergangsbereich)
- Montagemängel



Limos Auswertung

Dokumentation

Jede Messung wird mit einem Einzelprüfbericht im PDF Format dokumentiert und beinhaltet unter anderem:

- Bilder des Messobjektes und eventuellen Schäden.
- GPS Verortung
- Prüfintervall/Prüfdatum
- Einstufung in Standsicherheitsklassen
- Kommentare und ev. Handlungsanweisungen

Mehrer Messungen werden in einer Excel Tabelle übersichtlich zusammengefasst und enthält ebenfalls alle wichtige Informationen.

Die Gesamte Dokumentation (Messwerte/Prüfberichte/Auswertungen) wird Dokumentenecht beim Lizenzgeber der Auswertesoftware für mind. 15 Jahre gespeichert.

Visuelle Beurteilung

Prüfung des Mastes und des Fundaments auf offensichtliche Schäden (Risse, Dellen, Rost, Fundamentsetzungen, ungewollte Schiefstellungen usw.)

- Kontrolle des Oberflächenzustandes (Korrosion bei feuerverzinkten Oberflächen, Zustand einer eventuellen vorhandenen anderweitigen Beschichtung (Farbe, Schutzanstriche usw.)
- Visuelle Prüfung auf Korrosion, mechanische Schäden, Querschnittsverminderungen.
- Dokumentation durch Fotos (Gesamtansicht, Leuchte, Mast Fuß und wenn notwendig auch Fotos von Schildern, Abspannungen, Schäden, Rost, Anstrich, Fundament, Ausleger etc.)
- Dokumentation der Messbedingungen wie Temperatur, Wetter,
- Bestimmung der Lagekoordinaten mit GPS-Messung (Längengrad, Breitengrad)

Die Auswertung erfolgt mit der Software Limos und betrachtet und analysiert im Wesentlichen:
- Rohspektrum und geglättet Spektrum
- ANPSD (Averaged Normalized Power Spectrum Density)
- Alle relevanten Eigenfrequenzen
- Eigenformen und Grundfrequenzen
- Kritische Dämpfung der dominanten Eigenfrequenz
- Schwingungsintensität für ausgewählte Frequenzen
- Mustererkennung auf Basis einer Referenzdatenbank (CBR)

Frequenzabfälle deuten auf Verminderung der wirksamen Systemsteifigkeit hin, welche beispielweise auf erhöhte Reibung bei Rissen oder Querschnittsverminderung durch Korrosion oder andere Schadensbilder verursacht sein können.
Die ermittelten Dämpfungsparameter geben Informationen darüber wie eingeleitete Energie abgeleitet wird. Bewegung in Rissen (Reibung), schadhafte Stellen und die Fundamenteigenschaften sind maßgeblich für das Dämpfungsverhalten verantwortlich.
Die Eigenformanalyse identifiziert Dominate Eigenfrequenzen und die dazugehörigen Schwingungsformen. Damit können hoch beanspruchte Teilbereiche identifiziert werden und auch Lagerungsbedingungen überprüft werden.





Messdurchführung

Sämtlich Messungen werden mit eigens entwickelten Limos Rekorder durchgeführt. Messdaten, Fotos, sämtliche Eingabeparameter, Zeitstempel und GPS-Koordinaten werden somit fehlerfrei dem Messobjekt zugeordnet.
Die Messkette besteht aus:
- Tablet PC mit integriertem GPS-Sensor und Kamera.
- Schwingungssensor 3d-Beschleunigungssensor

Der Schwingungsaufnehmer wird am Mast Schaft befestigt. Die Anregung zur Schwingung erfolgt per Hand oder Gummihammer in zwei in 90Grad zueinanderstehenden Raumachsen. In jeder Achse werden die Schwingungsparameter über einen definierten Zeitraum mit dem Datenlogger aufgezeichnet. Die Manuellen Eingaben zum Testobjekt erfolgen im Zuge des Messvorganges. Die Messung kann nur abgeschlossen werden, wenn alle notwendigen Eingaben erfolgt sind und alle Messdaten des Datenloggers gesichert wurden.

Auf den folgenden beiden Seiten findet sich ein Muster eines Prüfprotokolls!

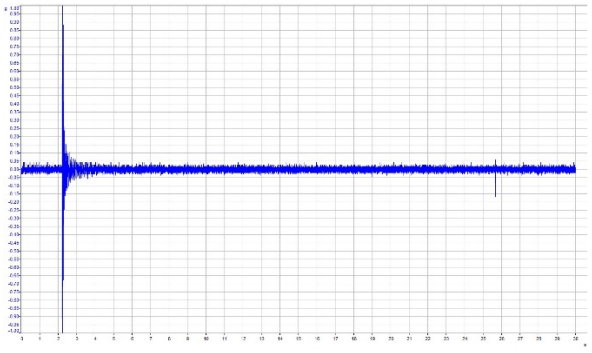
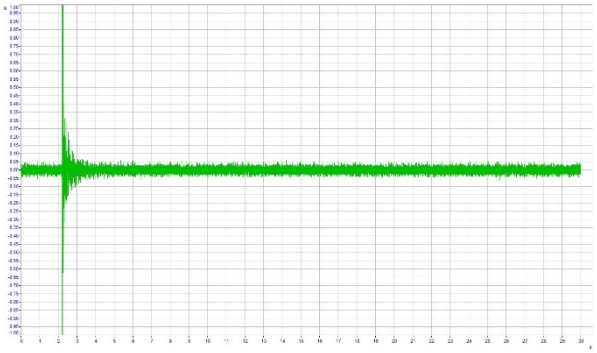
Mastdaten:

Mast ID	220000
Standort	Musterbezirk, Musterstraße
GPS Koordinaten	49,##### N / 16,##### O
Mastmaterial	Stahl
Höhe	7m
Ausleger über 2,5m	Nein
Ausleger 0,75-2,49m	Ja: 1
Ansatzkopf/Leuchte	Ja: 1
Abspannung	Nein
Abspannung mit hoher Last	Nein
Beschilderung über 3m	Nein
Beschilderung Fläche	-
Bewuchs	Kein
Mastkategorie	Kat 1

Prüfbericht:

Temperatur, Witterung	24°C, Sonne
Anstrich	verwittert
Korrosion	leicht
Statisch relevante Feststellungen	-
Anmerkungen und empfohlene Maßnahmen	Korrosionsschutz erneuern
Ergebnis	Klasse A – Der Mast ist standsicher
Nächste empfohlene Prüfung	in 6 Jahren

Messdiagramm:

Anregung in Y-Richtung	Anregung in Z-Richtung
	

Fotos:





Auftragnehmer	Prüfer Bewerter	Datum der Prüfung	Unterschrift
	Mustermann1 Mustermann2	2026-08-01	

Reengineering

Nach einer erfolgten Standsicherheitsmessung und Schwingungsaufnahme zur Bestimmung der Fundamenteigenschaften

Kann ein Spannungsnachweis an den normrelevanten Stellen des Mastes auf geänderte Lastangaben geführt werden.

Die Aufnahme der mechanischen Abmessungen als Grundlage der Statischen Betrachtung erfolgt bei der Standsicherheitsmessung.

Eventuell vorhandene Flanschplatten und/oder Kupplungen am Mastschaft werden standardmäßig nicht in der Statik betrachtet. Auf Wunsch können diese Nachweise gegen Mehrpreis zusätzlich geführt werden.

Bemessungsgrundlage für Maste bis 20m LPH ist die DIN/EN 40-3-3

Anwendungsfälle:

- neue Leuchtentypen
- Umrüstung von Flutlichtanlagen auf LED
- Zusätzliche Lasten wie Schilder, Blumenkörbe, Weihnachtsbeleuchtung, etc.

Ergebnis:

- Ausnutzungen an den Normrelevanten Stellen
- Horizontale Verformung
- PDF der Berechnung mit allen Parametern

Maste weisen wie alle Ingenieurbauwerke, eine begrenzte Lebensdauer auf. Stahl-, Aluminium und auch Edelstahlmaste sind einer Vielzahl von negativen Einflüssen ausgesetzt-:

- Feuchtigkeit von außen und innen (Regen, Hundeurin, Kondenswasser, saure aggressive Böden etc.)
- einer Vielzahl von Belastungen (Wind, Schilder, Ausleger, Abspannungen etc.)

Diese Faktoren führen über die Zeit zu Materialermüdung und zu Korrosion. Besonders Korrosion kann mit der Folge der Querschnittsverminderung zur signifikanten Tragfähigkeitsverminderung führen. Um die Standsicherheit zu gewährleisten sind Standsicherheitsprüfungen nach dem Stand der Technik unerlässlich und in regelmäßigen Intervallen erforderlich. Jeder Anlagenbetreiber hat die Verpflichtung die Standsicherheit zu prüfen und zu dokumentieren. Anlagen die älter als 30 Jahre sind und noch nicht mit Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, geprüft wurden sind jedenfalls verpflichtend zu prüfen. (Verletzung der Sorgfaltspflicht (5Ob118/19t))



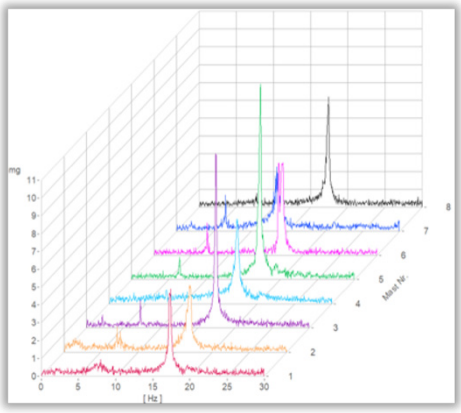


Ermittlung der Systemsteifigkeit aus der bzw. den Systemfrequenz(en) (fe)

$$f_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{Cgen}{Mgen}} = \frac{\omega_e}{2\pi}$$

Mgen, generalisierte Masse

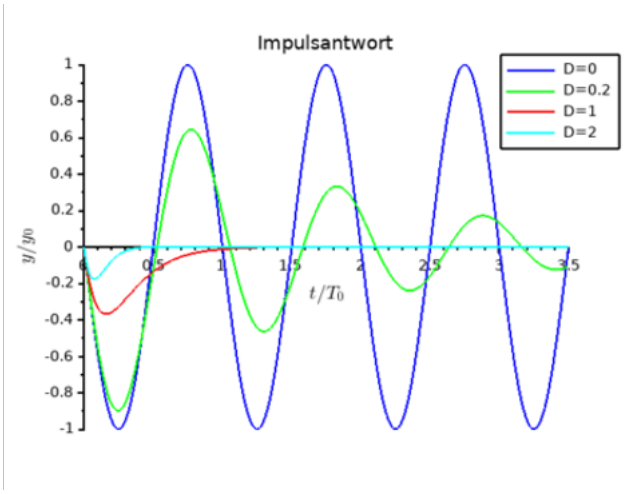
Cgen, generalisierte Steifigkeit



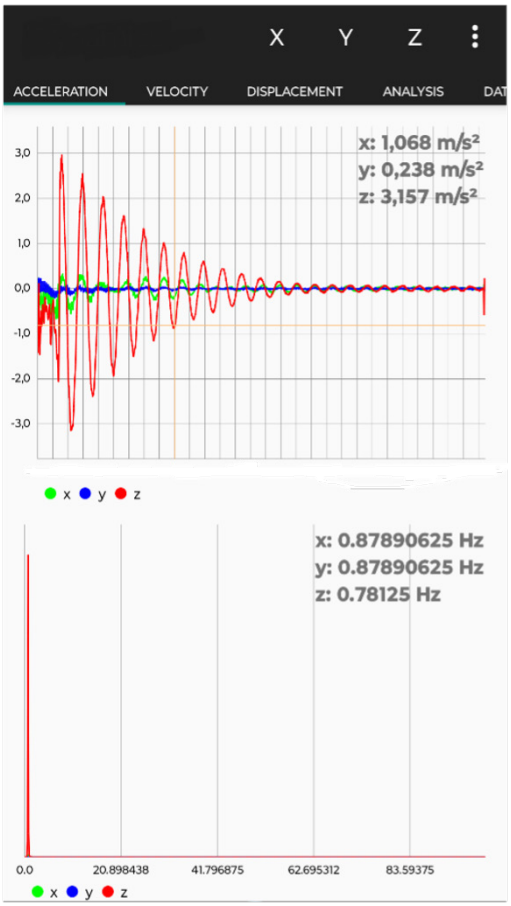
Haben wir ein Modell des Mastes, kann über die gemessene Eigenfrequenz die Systemsteifigkeit ermittelt und verglichen werden.(CBR-Datenbank: Case-Based-Reasoning) Querschnittsverminderung durch z.B.: Korrosion vermindert die Systemsteifigkeit!

Ist die Anregung ein Dirac-Impuls (Impulshammer) wird über eine Laplace Rücktransformation gerechnet und dann mit der Euler Formel aufgelöst. Ist die Anregung eine Weganregung (Handanregung) reicht das explizite Eulerverfahren.

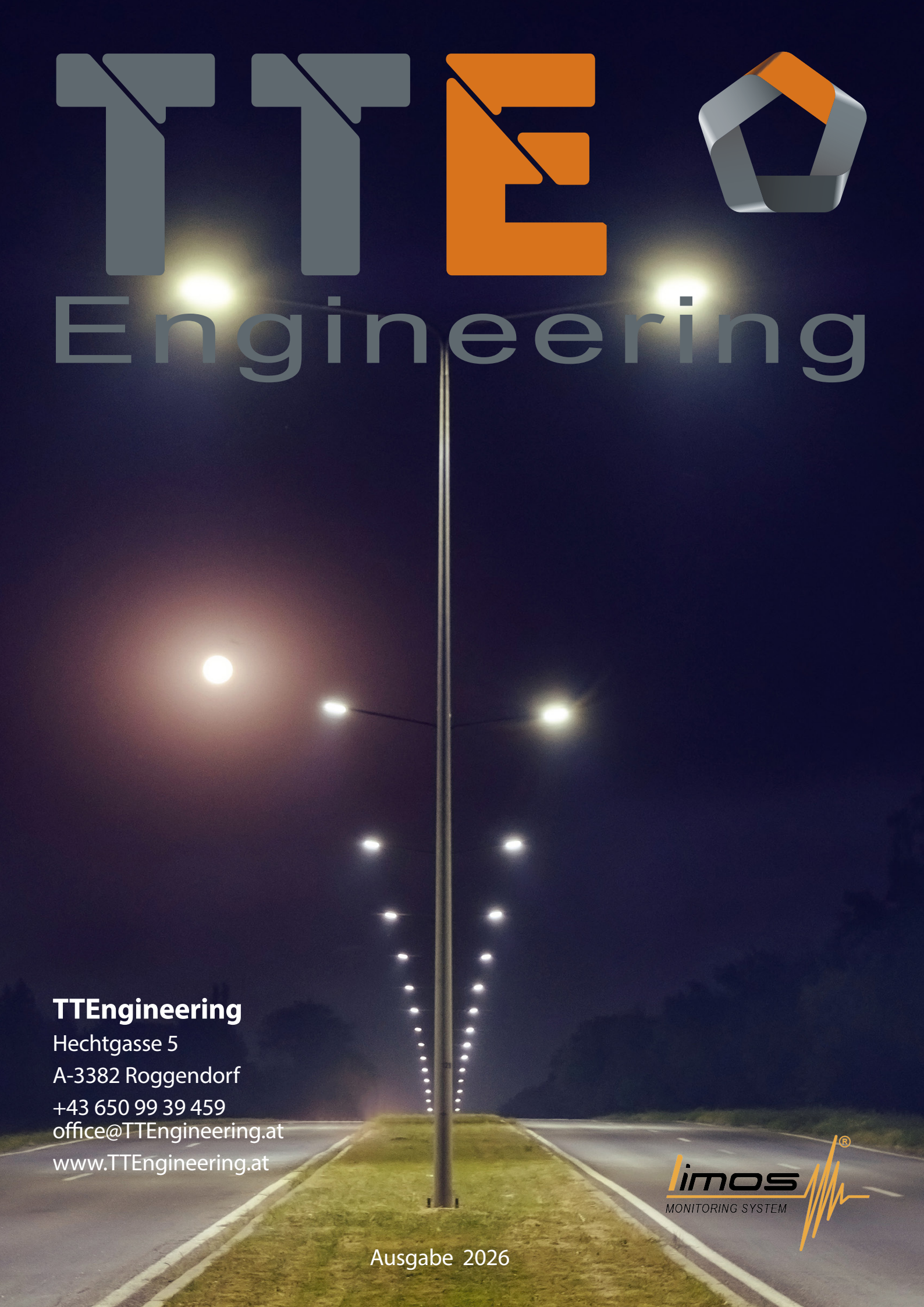
Im Ausschwingversuch ermitteln wir die Dämpfung der Schwingung und können dadurch einerseits auf Fundamenteigenschaften, als auch auf mögliche Schäden am Mast (z.B.: Risse erhöhen die Dämpfung, da diese eine zusätzliche Reibung darstellen) rückschließen.



$D < 0$	$-\frac{p_\delta}{m\omega_d} e^{-\delta t} \sin(\omega_d t)$	instabiles System
$D = 0$	$-\frac{p_\delta}{m\omega_0} \sin(\omega_0 t)$	ungedämpfte Schwingung
$0 < D < 1$	$-\frac{p_\delta}{m\omega_d} e^{-\delta t} \sin(\omega_d t)$	gedämpfte Schwingung
$D = 1$	$-\frac{p_\delta}{m} t\, e^{-\delta t}$	aperiodischer Grenzfall
$D > 0$	$\frac{p_\delta}{2m\omega_d} \left(e^{-(\delta+\omega_d)t} - e^{-(\delta-\omega_d)t}\right)$	Kriechfall



TTE Engineering



TTEngineering
Hechtgasse 5
A-3382 Roggendorf
+43 650 99 39 459
office@TTEngineering.at
www.TTEngineering.at

limos® MONITORING SYSTEM

Ausgabe 2026