



**IMPULSPAPIER**

# Höherauslastung der Stromnetze

Datengrundlage für die kurative Netzführung schaffen

# Impressum

## Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH  
(dena)

Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin

Tel: +49 30 66 777-0

Fax: +49 30 66 777-699

[info@dena.de](mailto:info@dena.de)

[www.dena.de](http://www.dena.de)

Institut für Elektrische Anlagen und  
Netze, Digitalisierung und Energiewirt-  
schaft (IAEW) an der RWTH Aachen

Schinkelstraße 6  
52056 Aachen

Tel: +49 241 80 97653

Fax: +49 241 80 92197

[info@iaew.rwth-aachen.de](mailto:info@iaew.rwth-aachen.de)

[www.iaew.rwth-aachen.de](http://www.iaew.rwth-aachen.de)

BET Büro für Energiewirtschaft  
und technische Planung GmbH

Alfonsstraße 44  
52070 Aachen

Tel: +49 241 47062-0

Fax: +49 241 47062-600

[info@bet-energie.de](mailto:info@bet-energie.de)

[www.bet-energie.de](http://www.bet-energie.de)

## Autorinnen und Autoren:

Elias Brunken, dena

Thomas Krampert, IAEW an der RWTH Aachen

Jonas Mehlem, IAEW an der RWTH Aachen

Andreas Nolde, BET

Oliver Radtke, BET

## Bildnachweis:

Titelbild: shutterstock/kkssr

## Stand:

02/22

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der Herausgeber

## Bitte zitieren als:

IAEW, BET, dena (2022); „Höherauslastung der Stromnetze, Datengrundlage für die kurative Netzführung schaffen“

Das vorliegende Impulspapier ist im Rahmen der vom BMWK geförderten Studie „*Netzbetriebsmittel und Systemdienstleistungen im Hoch- und Höchstspannungsnetz*“ (Netzbetriebsmittelstudie) entstanden.

# Warum sich etwas tun muss, um die Stromnetze höher auszulasten.

Mit der Umsetzung der Energiewende geht ein zusätzlicher Transportbedarf in den Netzen einher. Um diesen Bedarf zu decken, müssen die Netze umfassend verstärkt und ausgebaut werden. Diese Maßnahmen sind jedoch zeitintensiv und häufig mit Akzeptanzproblemen konfrontiert, weshalb ergänzend der Einsatz neuer (innovativer) Technologien und Netzbetriebskonzepte diskutiert wird, die es erlauben, das Netz höher auszulasten. Hohe Anforderungen an innovative Konzepte zur Höherauslastung stehen einer schnellen Implementierung von Innovationen jedoch im Wege. Die Anforderungen an die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Stromnetze sind hoch, da die Stromnetze zu den kritischen Infrastrukturen gehören und Störungen sich schnell überregional ausbreiten können und ein großes Schadenspotenzial haben. Zudem existieren noch offene technische Fragen und weiterer wissenschaftlicher Untersuchungsbedarf.

Ziel des vorliegenden Impulspapieres ist einerseits die konkrete Frage wie die für die Umsetzung des Konzeptes notwendigen technischen Daten der Betriebsmittel beschafft werden können und welcher weitere wissenschaftliche Untersuchungsbedarf besteht. Andererseits soll das Impulspapier einen Anstoß zur Intensivierung des Dialogs zwischen den Akteuren zur Umsetzung der kurativen Netzführung zur Höherauslastung der Stromnetze geben. Der angestrebte Dialog soll die nächsten erforderlichen Schritte bei der Beschaffung der konkreten technischen Daten unterstützen.

## Die Netzbetriebsmittelstudie

Im Rahmen des Projektes *Höherauslastung und Systemdienstleistungen im Hoch- und Höchstspannungsnetz (Netzbetriebsmittelstudie)* wird auf der Ebene der Netzbetriebsmittel untersucht, inwiefern innovative Konzepte und Technologien zur Höherauslastung eingesetzt werden und welche generellen Hemmnisse auf regulatorischer und technischer Ebene vorliegen. Hierzu wird neben einer umfassenden Recherche öffentlich zugänglicher Daten, auch der Austausch mit verschiedenen Stakeholdern gesucht. Ziel des Projektes ist es, die unterschiedlichen Netzbetriebsmittel der Hoch- und Höchstspannungsebene hinsichtlich ihrer Eignung zur Höherauslastung beizutragen zu bewerten.

## Technisches Konzept der kurativen Netzführung

Die kurative Netzführung, auch reaktive Netzführung genannt, ist ein neuartiges Betriebsführungskonzept, das eine Erweiterung zum präventiven Engpassmanagement darstellt. Dabei werden einzelne Netzsicherheitsmaßnahmen erst bei einem tatsächlichen Bedarf nach Auftritt einer Ausfallsituation eingesetzt. Die Zwischenzeit wird durch eine temporäre Höherauslastung der betroffenen Betriebsmittel überbrückt.

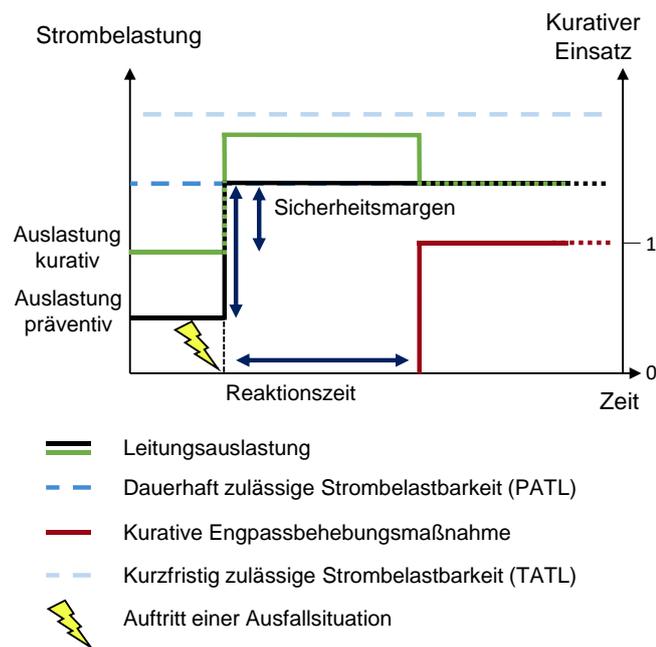
Der zeitliche Ablauf der Strombelastungen eines Betriebsmittels bei Nutzung der kurativen Netzführung ist exemplarisch in **Abb. 1** dargestellt. Limitierend für die Auslastung der meisten Betriebsmittel ist deren maxi-

male Temperatur. Ein Überschreiten der maximalen Betriebsmitteltemperatur wird vermieden, indem kurzzeitig zulässige Strombelastbarkeiten (thermisches TATL<sup>1</sup>) (hellblaue Linie) der Betriebsmittel ausgenutzt werden, die durch ihre thermische Trägheit und damit verbundene verzögerte Erwärmung bedingt sind. Durch das Ausnutzen des thermischen TATL ist eine temporäre Strombelastbarkeit oberhalb der dauerhaft zulässigen Strombelastbarkeit (PATL<sup>2</sup>) (dunkelblaue Linie) möglich.

Durch den schnellen Eingriff von kurativen Netzsicherheitsmaßnahmen nach Auftritt der Ausfallsituation innerhalb der Reaktionszeit werden die Strombelastungen der Betriebsmittel anschließend wieder auf einen Wert gleich oder unterhalb der PATL zurückgeführt. Dies ermöglicht Netzsicherheitsmaßnahmen nur dann einzusetzen, wenn sie ausfallbedingt auch tatsächlich benötigt werden. Die beim präventiven Engpassmanagement vorgehaltene Sicherheitsmarge kann daher bei einer kurativen Netzführung verringert werden. Zudem steigt die mögliche Strombelastbarkeit im ungestörten Normalbetrieb.

Die Höhe des thermischen TATL ist dabei abhängig von der vorherigen Auslastung des Betriebsmittels und der Reaktionszeit der ablösenden kurativen Netzsicherheitsmaßnahmen. Je geringer die Reaktionszeit ist, desto höher fällt das thermische TATL aus. Ebenso steigt das thermische TATL bei sinkender Vorbelastung. Je nach kurativer Netzsicherheitsmaßnahme liegen technisch mögliche Reaktionszeiten im Bereich von Sekunden bis wenigen Minuten. Das im realen Netzbetrieb nutzbare TATL der Betriebsmittel wird zusätzlich durch weitere systemische Grenzen, wie bspw. Grenzen der Schutzauslösungen oder Grenzen der Stabilität, eingeschränkt.

In Abgrenzung zum witterungsabhängigen Freileitungsbetrieb, welcher die PATL entsprechend der Witterungsverhältnisse anpasst, werden bei der kurativen Netzführung demnach TATL in einer Ausfallsituation ausgenutzt, um Betriebsmittel im Normalbetrieb höher auslasten zu können. Bei der Bestimmung der durch die Betriebsmittel thermischen TATL kann analog zur Bestimmung der PATL eine Witterungsabhängigkeit berücksichtigt werden. Da sowohl die kurative Netzführung als auch der witterungsabhängige Freileitungsbetrieb eine Höherauslastung in Richtung der systemischen Grenzen ermöglicht, ist eine Kannibalisierung dieser beiden Konzepte möglich.



**Abb. 1:** Exemplarische Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Strombelastung eines Netzbetriebsmittels bei der kurativen Netzführung.

<sup>1</sup> engl.: Temporary Admissible Transmission Loading (TATL).

Im Rahmen des vorliegenden Impulspapieres steht das I.d.R. durch thermische Grenzen definierte TATL des einzelnen Betriebsmittels im Vordergrund. Zu unterscheiden ist hiervon ein nutzbares TATL für die Betriebsführung, welches sich durch die temporären Grenzen der gesamten Übertragungsstrecke und weitere zu berücksichtigende Faktoren ergibt.

<sup>2</sup> engl.: Permanent Admissible Transmission Loading (PATL)

# Diskussionsergebnisse zur Erfassung der Grenzwerte zur temporären Höherauslastung

Neben den notwendigen aktiven Steuerungsoptionen im Netz<sup>3</sup> und der Integration der kurativen Netzführung in die Abläufe der Betriebsführung ist es für die Umsetzung der kurativen Netzführung entscheidend, die TATL zu kennen. Es ist zwischen dem oftmals thermisch begrenzten TATL des einzelnen Betriebsmittels und dem nutzbaren TATL aus Sicht der Betriebsführung zu unterscheiden. Das nutzbare TATL für die Betriebsführung ergibt sich aus der Berücksichtigung der Vielzahl der thermischen TATL einer Übertragungsstrecke und aus weiteren systemischen Grenzen. Im Fokus der weiteren Ausführungen steht immer das thermische TATL des einzelnen Betriebsmittels.

In der Netzbetriebsmittelstudie wurden Fachgespräche mit Stakeholdern (Anwender, Hersteller, DKE, etc.) zu der Frage geführt, wie diese für die kurative Netzführung notwendigen Grenzwerte (TATL) für verschiedene Betriebsmittelgruppen (Leitungen/Kabel, Transformatoren, Schaltanlagen/Messwandler, halbleiterbasierte Betriebsmittel) erfasst werden können und welche Angaben zum TATL bereits in Datenblättern existieren. Während Normen und Standards ausgewählter Betriebsmittel teilweise Berechnungsvorschriften zur möglichen, theoretischen Bestimmung von TATL liefern, sind konkrete Angaben zum TATL bisher selten in Datenblättern zu finden.

Die Angabe eines TATL kann theoretisch in verschiedenen Formen erfolgen. Die einfachste Ausführung wäre eine Datentabelle, welche für verschiedene Zeitbereiche<sup>4</sup> und abhängig von Rahmenbedingungen und Vorbelastungen die zulässige temporäre Stromtragfähigkeit angibt. Denkbar ist aber auch die Angabe der Berechnungsvorschriften, sodass die Werte dynamisch ermittelt werden könnten.

Ein TATL kann aktuell nur für einen kleinen Teil der Betriebsmittel abgeleitet werden und ist nicht verpflichtend in Datenblättern enthalten. Dies gilt für Bestandsanlagen und für neue Betriebsmittel. Für eine flächendeckende und rechtsichere, auf Prüfvorschriften beruhende Angabe der Werte bedarf es einer entsprechenden Abbildung der Anforderungen und der Prüfvorschriften in den Normen und Standards der Betriebsmittel.

## **Normen und Standards ausgewählter Betriebsmittel**

Die Ableitung von Grenzwerten für das TATL sind aus heutigen Grenzwerten und Normen nicht einheitlich möglich. Zu unterschiedlichen Betriebsmitteln lassen sich Angaben in unterschiedlicher Detailtiefe ableiten.

### **Transformatoren - IEC 60076-7**

Die Norm enthält bereitete mathematische Modelle zur Beurteilung der Auswirkungen einer Höherauslastung und Vorgaben zu temporär zulässigen Temperaturgrenzwerten. Ein kurzfristige Höherauslastung kann daher sicher genutzt werden.

### **Schaltanlagen - IEC 62271**

Die temporärere Höherauslastung ist bisher nicht in der Norm enthalten. Der Leitfaden für die Anwendung der Norm CigreTB304 „Guide for application of IEC 62271-100 and IEC 62271-1“ enthält jedoch eine Berechnungsvorschrift, mit der zulässige Zeiten für eine Höherauslastung in Abhängigkeit vom Betriebsstrom berechnet werden könnten.

### **Standard-Freileitungsseile**

Bisher ist in der IEC keine einheitliche Dauerbetriebstemperatur festgelegt; somit auch keine anerkannten Grenzen für eine temporäre Höherauslastung. Bisher sind nur Notfalltemperaturen für den Zeitbereich von einer Sekunde enthalten.

<sup>3</sup> Z.B.: sogenannte Netzbooster, Lastflusssteuerung oder Flexibilität von Erzeugung und Last

<sup>4</sup> In aktuellen Ansätzen werden Zeitbereiche von Sekunden bis wenigen Minuten diskutiert.

Für kurze Zeitbereiche lassen sich teilweise Angaben zu den Anforderungen an die Kurzschlussfestigkeit und wie sie für aktuelle Systemautomatiken im Netzbetrieb (z. B.: zur Schutzauslösung), eingesetzt werden, nutzen. Während es für einzelne Betriebsmittel auch bereits für längere Zeitbereiche erste Angaben in den Normen und Standards oder Begleittexten zur Norm gibt, aus denen sich einzelne Vorgaben für ein TATL ableiten lassen (Siehe Infobox: *Normen und Standards ausgewählter Netzbetriebsmittel*), existieren für viele Betriebsmittel keine weitergehenden Angaben. Ein Monitoring von Netzbetriebsmitteln kann die Überwachung der Auswirkungen und die Einhaltung des TATL im Echtbetrieb gewährleisten, stellt aber keine Alternative zu Erhebung der notwendigen Daten dar. Voraussetzung für die flächendeckende Umsetzung der kurativen Netzführung ist die systematische Erfassung des TATL für die verschiedenen Betriebsmittel.

### **InnoSys 2030**

Im Projekt InnoSys 2030 werden aktuell Systemführungsstrategien der kurativen Netzführung erarbeitet und die Potentiale untersucht. Hierfür werden umfangreiche und komplexe Modelle erstellt, die auch die bekannten Grenzen der Strombelastbarkeit berücksichtigen.

Explizite Grenzwerte für das nutzbare TATL der einzelnen Betriebsmittel sind nicht bekannt. Entsprechend greift InnoSys 2030 auf qualifizierte Abschätzungen für das TATL einzelner Betriebsmittel zurück. So werden beispielsweise Freileitungen nach anerkannten technischen Modellen abgebildet.

Für die rechtssichere Nutzung der kurativen Netzführung wird es aber entscheidend sein, die fehlenden Daten zu den verschiedenen Betriebsmitteln zu ermitteln, um verbindlich einzuhaltenden Grenzwerte für die Betriebsführung ableiten zu können.

Im Bereich Asset-Management der Netzbetreiber gibt es bereits Bestrebungen, die dauerhaft zulässige Strombelastbarkeit (PATL) systematisch auf 3600A zu erhöhen. Bemühungen um eine konkrete Erfassung eines zeitgebundenen und vorbelastungsabhängigen TATL sind aber nicht bekannt. Vielmehr werden, insbesondere in Bezug auf die Bestandsanlagen, teilweise noch erhebliche Zweifel geäußert, ob die für die kurative Netzführung notwendigen Daten zeitnah erfasst werden können. Als Grund hierfür wird u.a. das Alter einzelner Assets genannt. Die Hersteller seien teilweise heute nicht mehr am Markt vertreten, sodass es unmöglich sei, nachträglich Informationen zum TATL zu erhalten. Für die Höherauslastung des Bestandes lägen die aktuellen Prioritäten der Netzbetreiber nach eigenen Aussagen gerade eher auf der Erhöhung der dauerhaft zulässigen Strombelastbarkeit (PATL) durch den gezielten Austausch und die Verstärkung limitierender Netzbetriebsmittel im Netz.

Auch in den verschiedenen Arbeitsgruppen der DKE werden Schritte, die perspektivisch zur Erfassung und Ausweisung eines TATL führen könnten, aktuell nicht aktiv vorangetrieben. Deutlich wurde in den geführten Diskussionen, dass nach Einschätzung der Expertinnen und Experten zunächst umfangreiche Vorarbeiten notwendig seien, damit die konkreten Schritte zur Aufnahme eines TATL in Normen, Standards und Prüfvorschriften innerhalb der DKE eingeleitet werden können. Folgende aufeinander aufbauende, notwendige Schritte wurden in den Diskussionen mit den verschiedenen Stakeholdern genannt:

#### ■ **Bezifferung der Potenziale / Bewerbung des Konzeptes**

Damit sich nationale und internationale Normungsgremien mit der Abbildung eines TATL in den Normen befassen, sollte zunächst das Potenzial der kurativen Netzführung dem notwendigen Aufwand und den vorhandenen Alternativen (z.B. konkurrierende Ansätze zur Höherauslastung, Netzverstärkung, Netzausbau, etc.) gegenübergestellt werden. Aus Sicht einiger Akteure erscheint der Aufwand zur Erhebung der Daten aus heutiger Sicht, mit dem Verweis auf nicht näher eingegrenzte Potenziale, nicht gerechtfertigt. Auch

seien externe Grenzen<sup>5</sup> oftmals für die Potenzialbegrenzung entscheidender als konkrete Betriebsmittelgrenzen, sodass durch die kurative Netzführung im Einzelfall u.U. keine Potenziale zu heben seien. In der Diskussion zeigt sich, dass die Forderung einer Abschätzung der Potentiale, um die Grundlagen für nachgelagerte Schritte zu schaffen, zu einem Dilemma führt. Durch die Hersteller von Betriebsmitteln wird angemahnt, dass eine Erfassung der temporären Strombelastbarkeit für einzelne Netzbetriebsmittel wissenschaftlicher Untersuchungen bedarf und entsprechend arbeits- und kostenintensiv sei. Somit würde die Erfassung erst in Angriff genommen, wenn es ein klares Signal von den Anwendern gäbe. Auf der anderen Seite ist es für die Anwender schwer möglich belastbare Potenzialabschätzungen zur kurativen Netzführung abzugeben, ohne die temporären Strombelastbarkeiten einzelner Betriebsmittel zu kennen. Dieses Dilemma gilt es zu überwinden, um die für die Umsetzung der kurativen Netzführung notwendigen Schritte bei den Herstellern anstoßen zu können.

#### ■ **Anforderungen an die Angabe des TATL**

Es existieren keine Anforderungen dazu, in welcher Form ein TATL für einzelne Netzbetriebsmittel angegeben werden sollte. Hierbei sind verschiedene Formate denkbar, von einer Tabelle für verschiedene Zeitbereiche und Vorbelastungen bis hin zur Angabe von Berechnungsvorschriften unter Berücksichtigung der wesentlichen externen Einflussfaktoren<sup>6</sup>. Diese Anforderungen sollten auch Angaben zur zulässigen Häufigkeit der temporären Höherauslastung und zur Gleichzeitigkeit mit anderen Anforderungen wie der Kurzschlussfestigkeit enthalten. Aus Sicht der Hersteller sind die entsprechenden Anforderungen durch die Netzbetreiber vorzugeben. Im Rahmen von InnoSys 2030 diskutierte Vorschläge für Zeitbereiche seien ein erster Schritt in diese Richtung, aber noch nicht hinreichend, um die Normung und die Entwicklung von Prüfvorschriften anzustoßen.

#### ■ **Weitere technische Untersuchungsbedarfe zu Auswirkungen auf einzelne Betriebsmittel**

Damit Hersteller Angaben zu einem TATL machen können, müssten laut Herstellern und zuständigen Gremien wie DKE und VDE|FNN zunächst wissenschaftliche Untersuchungen dazu gemacht werden, wie sich eine temporär erhöhte Strombelastung auf die Betriebsfestigkeit und die Alterungsprozesse der Betriebsmittel auswirkt<sup>7</sup>. Nach Aussagen von Herstellern bilden die bisher veröffentlichten Daten und die internen Kenntnisse der Hersteller bzgl. dieser Untersuchungsfragen keine ausreichende Datengrundlage für die Ableitung eines TATL. Die Anforderung einer temporären Höherauslastung im Rahmen der thermischen Grenzen der Netzbetriebsmittel wurde in der Vergangenheit nicht gestellt und entsprechend nicht systematisch untersucht.

#### ■ **Überführung in die Normen und Standards**

Zur Nutzung eines TATL in der Betriebsführung sollte das langfristige Ziel eine Abbildung in den einschlägigen Normen und Standards sein. Hierfür sollte zunächst eine „Referenz-Norm“ erstellt werden, in der die Begriffe TATL und PATL sowie die zugehörigen Zeitbereiche eingeführt werden. Die Referenz-Norm sollte dabei unterschiedliche Formate zur Angabe des TATL beschreiben und die entsprechenden Vorgaben definieren. Auf Basis dieser Referenz-Norm könnten dann die Vorgaben für konkrete Betriebsmittel in Form von Einzelnormen gemacht werden.

---

<sup>5</sup> z.B. Beeinflussung paralleler Infrastrukturen, Stabilitätsgrenzen, Grenzwerte aus bestehenden Betriebsgenehmigungen

<sup>6</sup> z.B. Aufstellungsort, Außentemperatur, Vorbelastung, kühlende Einflüsse

<sup>7</sup> Im Fachgespräch zu Leiterseilen wurde beispielsweise deutlich, dass offenbar zu konkreten Werkstoffeigenschaften von klassischen Aluminium-Leiterseilen teilweise noch Untersuchungsbedarfe vorliegen, während moderne Materialien wie Aluminium-Zirkonium-Legierungen teilweise schon weitergehende Anforderungen in den Normen und Standards abbilden.

### ■ **Entwicklung von Prüfvorschriften für Netzbetriebsmittel**

Für eine rechtssichere Gewährleistung der Garantie bei der Ausnutzung des TATL müssen die Hersteller die in den Datenblättern gemachten Angaben durch entsprechende Prüfvorschriften auf der Grundlage von Normen absichern. Diese Prüfvorschriften müssten zusätzlich zu Anpassungen und Ergänzungen der Normen und Standards erarbeitet werden.

Bei der Erfassung des TATL ist zwischen **Bestandsanlagen und Neuanlagen** zu unterscheiden. Es ergeben sich für Bestandsanlagen und Neuanlagen unterschiedliche Herausforderungen:

### ■ **Bestandsanlagen**

- Die Nutzung von Belastungsbereichen von Betriebsmitteln, die nicht in den Datenblättern angegeben sind, sind nicht durch die Gewährleistung der Hersteller gedeckt. Die Umsetzung von Konzepten mit Auswirkungen auf das Bestandsnetz bedarf daher einer entsprechenden Nachverhandlung mit dem Hersteller oder einer Risikoübernahme durch den Anwender. Eine Ausweitung des Garantiumfangs für bestehende Betriebsmittel durch die Hersteller ohne eine Gegenleistung ist nicht absehbar.

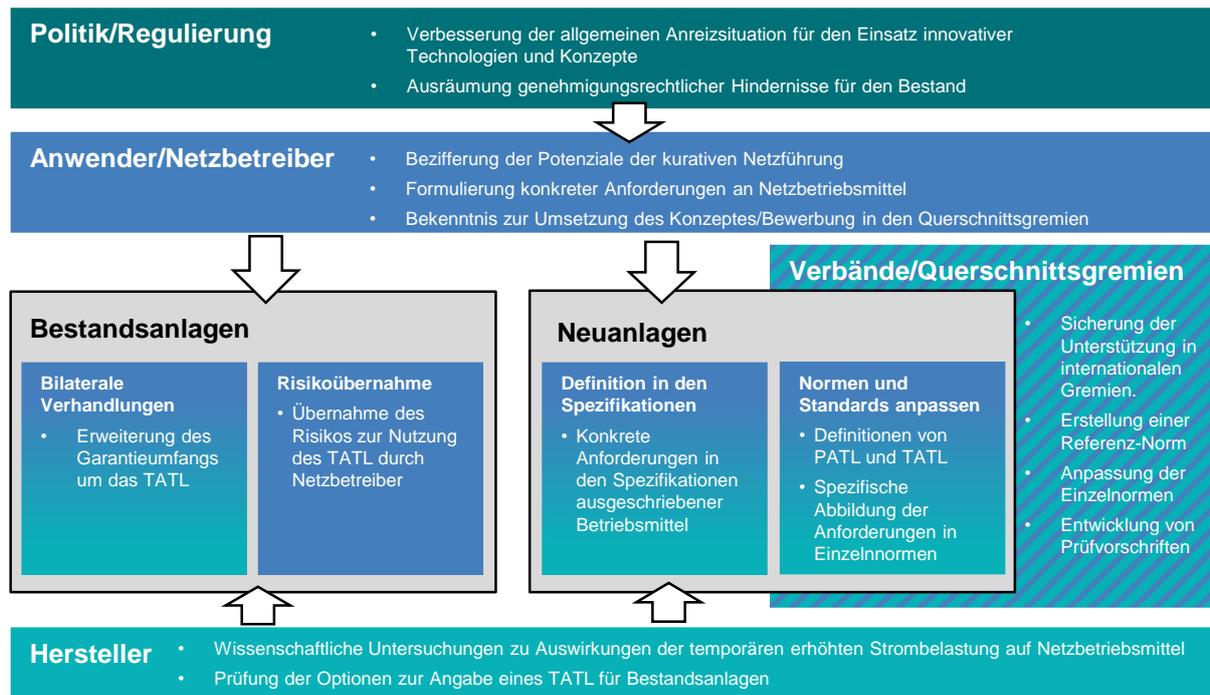
### ■ **Neuanlagen**

- Normen, Standards und Prüfvorschriften für Netzbetriebsmittel bilden den TATL bislang nicht oder nur unvollständig ab. Für die Aufnahme des TATL in die Normung fehlen laut Herstellern die notwendigen Vorarbeiten. Dies seien einerseits die Bezifferung der Potenziale und die Formulierung der Anforderungen, andererseits aber auch die notwendigen technischen und wissenschaftlichen Untersuchungen zu Auswirkungen auf Betriebsmittel. In den nationalen und internationalen Normungsgremien ist daher bisher keine entsprechenden zur systematischen Erfassung eines TATL geplant.
- Hersteller produzieren i.d.R. für den internationalen Markt. Neue Anforderungen sollten daher nicht nur in nationalen Vorgaben, sondern auch in internationalen Normen und Standards verankert werden. Hierfür bedarf es internationaler Unterstützung in den entsprechenden Gremien. Die kurative Netzführung wird zwar noch nicht angewendet, in anderen Ländern (z.B. Frankreich) aber teilweise ebenfalls in Erwägung gezogen. Für die Verankerung des TATL in international gültigen Normen ist Unterstützung aus diesen Ländern zu suchen.
- Eine entsprechende Anpassung internationaler Normen und Standards hat laut der DKE einen Zeitbedarf von mindestens 10 Jahren. Entsprechend scheint eine parallele Umsetzung ergänzender Maßnahmen zwischen Herstellern und Anwendern entscheidend, wenn die kurative Netzführung schon früher einen Beitrag leisten soll.

## **Welche Handlungsoptionen zur Erfassung eines TATL bestehen?**

Es zeigt sich, dass der Weg zu einer flächendeckenden Umsetzung der kurativen Netzführung noch lang ist. Gleichzeitig können und sollten aber jetzt schon die ersten Schritte eingeleitet werden, um die für die Umsetzung notwendigen Daten zu erheben. Ein wichtiger erster Schritt ist dabei ein allgemeines Bekenntnis zur Umsetzung des Konzeptes durch die Netzbetreiber und die Aussendung eines entsprechenden Signals an die beteiligten Akteure.

Weitere Schritte und Optionen und Aufgaben für verschiedene Akteure sind in **Abb. 2** dargestellt. Die verschiedenen Optionen gilt es nun kritisch auf ihre spezifischen Herausforderungen und den nötigen Zeitbedarf zu prüfen und gegeneinander abzuwägen. Langfristiges Ziel sollte die Anpassung der Normen und Standards sein. Da hierfür jedoch ein erheblicher Zeitbedarf besteht und der Bestand der bis dahin installierten Anlagen davon nicht erfasst sein wird, sind die weiteren vorgeschlagenen Schritte parallel zu prüfen und, wo möglich, umzusetzen.



**Abb. 2:** Verschiedene Optionen ein TATL für den Bestand und für neue Anlagen zu erfassen

In der nachfolgenden **Tabelle 1** werden auf Basis der ausgeführten Zusammenhänge, Diskussionen und vorgeschlagenen Handlungsoptionen die entscheidenden Schritte und handelnden Akteure für die Erfassung eines TATL für die einzelnen Betriebsmittel identifiziert.

**Tabelle 1:** Übersicht über verschiedene Aufgaben zur Umsetzung der kurativen Netzführung auf der Ebene der Netzbetriebsmittel

<p><b>Bekenntnis zur Umsetzung kurativer Netzführung</b> (Netzbetreiber)</p>	<p>Der Anreiz für Hersteller und Normungsgremien die für die Umsetzung der kurativen Netzführung notwendigen Daten proaktiv zu definieren und bereit zu stellen, ist heute gering. Um die Erfassung der Daten anzustoßen, ist es notwendig, dass die <b>Netzbetreiber ein klares Signal</b> für die Umsetzung der kurativen Netzführung in Richtung betroffener Akteure senden.</p>
<p><b>Erfassung der Potenziale kurativer Netzführung</b> (Netzbetreiber, Hersteller, Politik)</p>	<p>Damit die Querschnittsgremien zur Normung von Netzbetriebsmitteln konkrete Schritte zur Abbildung eines TATL einleiten, ist es notwendig, die Potenziale der kurativen Netzführung genauer zu erfassen. Einen Beitrag hierzu wird das Projekt <b>InnoSys 2030</b> leisten. Mit diesen Projektergebnis-</p>

	<p>sen sollte gegenüber den Herstellern und in den verschiedenen Querschnittsgremien die Bekanntmachung und die Werbung für die Umsetzung der kurativen Netzführung und die entsprechende Erfassung von Daten für Netzbetriebsmittel intensiviert werden. Gegebenenfalls sind <b>weitere Untersuchungen</b> auf der Basis einer verbesserten Datenlage zur genaueren Eingrenzung der Potenziale <b>im Anschluss an InnoSys 2030</b> nötig. Staatlich geförderte Forschungsaktivitäten können helfen Potenziale weiter einzugrenzen.</p>
<p><b>Formulierung konkreter Anforderungen an Netzbetriebsmittel</b> (Netzbetreiber, Hersteller, VDE FNN)</p>	<p>Für die Abbildung des TATL in den Normen und Standards ist es notwendig, dass die aus Sicht der Netzführung notwendigen Anforderungen an die Betriebsmittel formuliert werden. Dies muss <b>iterativ und im Austausch zwischen Netzbetreibern und Herstellern</b> erfolgen. Unterstützend könnte der VDE FNN mit einbezogen werden. Ausgangspunkt für die Diskussion könnte das in InnoSys 2030 verwendete Modell zur Berechnung des TATL von Freileitungen sein. Anhand der so ermittelten Werte könnte schrittweise ausgelotet werden, ob diese Anforderungen auch von anderen Betriebsmitteln bedient werden können. Im <b>Ergebnis sollten konkrete Anforderungen</b> stehen, die von den Betriebsmitteln erfüllt werden müssen.</p>
<p><b>Erweiterung der Normen und Standards um ein TATL</b> (DKE, IEC)</p>	<p>Die Normen und Standards der Netzbetriebsmittel sind dahingehend weiterzuentwickeln, dass ein TATL in den Datenblättern abgebildet werden kann. Voraussetzung hierfür sind neben einer konkreten Formulierung der Anforderungen an Betriebsmittel die notwendigen wissenschaftlichen und technischen Untersuchungen und Prüfvorschriften. Aufbauend auf eine <b>Referenz-Norm</b>, in der das TATL definiert wird, sind die entsprechenden <b>Einzelnormen</b> zu Netzbetriebsmitteln zu erweitern.</p> <p>Für die Übernahme in international gültige Normen ist neben der Umsetzung in Deutschland durch die nationalen Normungsgremien auf <b>internationaler Ebene um Unterstützung</b> für dieses Vorhaben zu werben.</p>
<p><b>Formulierung von Anwendungsregeln für die Umsetzung der kurativen Netzführung</b> (VDE/FNN, Netzbetreiber)</p>	<p>Für die Umsetzung der kurativen Netzführung sind <b>verbindliche Anwendungsregeln</b> zu formulieren, die den Stand der Technik und die notwendigen Sicherheitsanforderungen an den Netzbetrieb berücksichtigen. Für die Integration der kurativen Netzführung in die bestehende Netzführung und die Umsetzung im Realbetrieb können Netzbetreiber sich auf Anwendungsrichtlinien berufen. <b>Voraussetzung hierfür sind erste Betriebserfahrungen</b> aus Pilotprojekten zur Erprobung der kurativen Netzführung.</p>
<p><b>Handlungsoptionen für den Bestand prüfen</b> (Netzbetreiber, Hersteller)</p>	<p>Parallel zur Anpassung der Normen und Standards für neue Betriebsmittel ist im <b>Austausch zwischen Netzbetreibern und Herstellern</b> auszuloten, welche weiteren Optionen es zu Erfassung eines TATL für den Bestand und bis zur Anpassung der Normen auch für Neuanlagen gibt.</p>

	<p><b>Übergangslösungen</b> hierfür können bilaterale Vereinbarungen, Risikoübernahme durch den Anwender oder Konkretisierungen in den Spezifikationen für Neuanlagen sein.</p>
<p><b>Erfassung der limitierenden Netzbetriebsmittel im Bestand</b> (Netzbetreiber)</p>	<p>Für die Begrenzung der Kapazität einer Übertragungstrecke ist immer das <b>schwächste Bauteil entscheidend</b>. Dies gilt sowohl für das PATL, aber auch für das TATL. Durch die Erfassung der limitierenden Betriebsmittel im realen Netz kann der für neue Netzführungskonzepte benötigte <b>Aufwand zur Erfassung</b> neuer Daten –wie beispielsweise des TATL- ggf. auf einzelne Betriebsmittel <b>begrenzt werden</b>.</p>
<p><b>Erfassung weiterer Grenzwerte des Bestandes</b> (Netzbetreiber)</p>	<p>Neben der Erfassung des TATL ist es für die Umsetzung der kurativen Netzführung wichtig, alle <b>zusätzlichen Grenzwerte im Bestand</b>, die einer temporären Höherauslastung entgegenstehen, zu kennen. Z.B.: Beeinflussung paralleler Infrastrukturen, Immissionsgrenzen, dynamische Stabilitätsgrenzen. Die jeweils niedrigste Grenze wird im realen Betrieb das Potenzial der kurativen Netzführung limitieren. Diese weiteren Grenzwerte sind für das reale Netz <b>systematisch zu erfassen</b>.</p>

