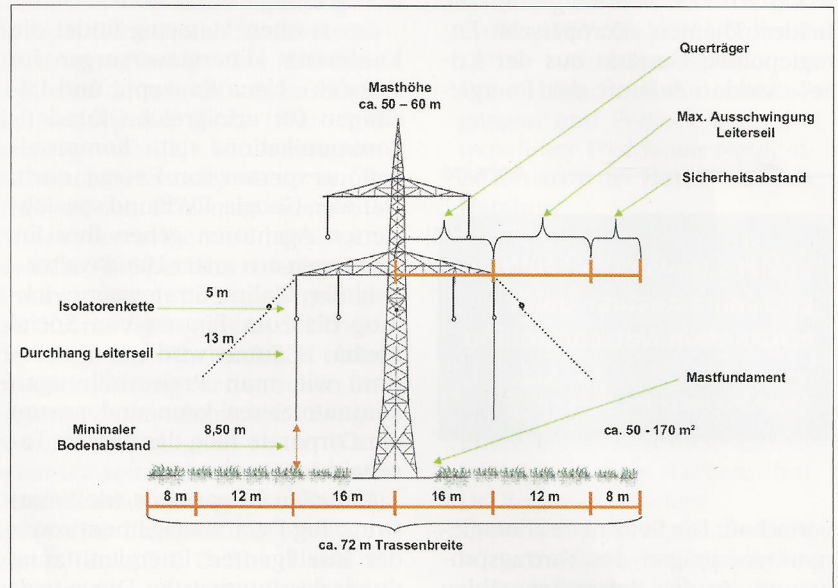


## Aktiv gekühlte Stromübertragung in Schmaltrassen

Auftakt der Energiewende in Deutschland ist das Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2010. Demnach sollen 80 % des Strombedarfs bis zum Jahr 2050 aus erneuerbaren Energien stammen. Der Umbau des Energiesystems, der geplante Ausstieg aus der konventionellen Energieerzeugung und die damit einhergehende räumliche Neukonfiguration von Produktion und Nachfrage nach Energie erfordern einen erheblichen Ausbau und eine Erneuerung der Stromnetze. Die unzureichende Netzinfrastruktur erweist sich gegenwärtig als der Flaschenhals der Energiewende. Der konkrete Umfang und Zeitpunkt der Netzausbaumaßnahmen und vor allem die Frage, wo Stromtrassen mit welcher Technik entstehen sollen, erfordert Transparenz in der öffentlichen Kommunikation, um gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen. Vor allem die Diskussion um die Netzausbautechnik nimmt einen breiten Raum in der aktuellen öffentlichen Debatte ein.



**Bild 1: Freileitungstechnik (Standard), Merkmale: Passive (kühltechnische) Betriebsführung, Trassenbreite rd. 60 m bis 70 m**

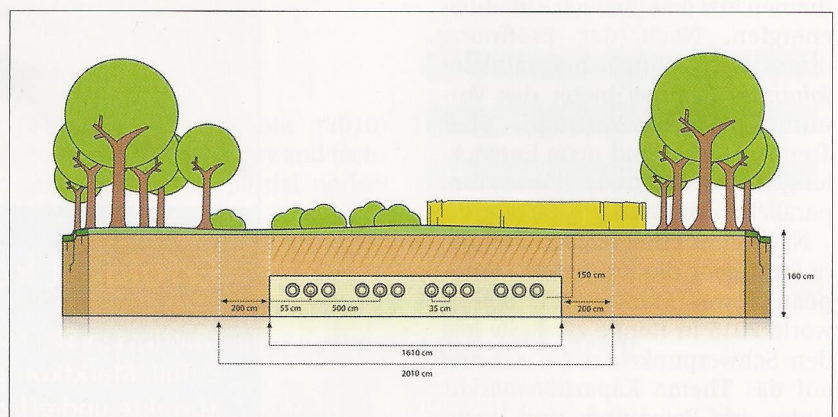
(Quelle: 50Hertz 2012, Infomappe Uckermarkleitung S. 23, EEG-bedingter Neubau der 380-kV-Leitung von Prenzlau nach Berlin, zitiert nach Franz, J.; Guss, H.: Elektrische Straße, 2012, S. 49)

Die Diskussion über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Stromübertragungstechnologien ist nicht neu und kann auch auf vielfältige ausländische Erfahrungen zurückgreifen. Die grundlegenden Technikoptionen »Freileitung« und »Erdkabel«, die in breiten Trassen ausgeführt werden müssen, konnten bisher nicht so überzeugen, dass von

Akzeptanz und Konsens beim Netzausbau gesprochen werden kann. Die Auseinandersetzungen sind dabei nicht nur ökonomisch begründet, sondern greifen ebenfalls die Themen »Nachhaltigkeit«, »Übertragungssicherheit« sowie »Genehmigungsfähigkeit« und damit den Faktor »Zeit« auf.



Dr. Rolf Hamann (links), Projektentwicklung, Dinslaken  
Werner Spiegel, AGS Engineering, Remscheid



**Bild 2: Erdkabeltechnik, Merkmale: Passive (kühltechnische) Betriebsführung, Trassenbreite rd. 15 m bis 20 m**

(Quelle: Verseille, Jean; Neesen, Thomas [Aspects of partial undergrounding, 2010]: Joint paper: Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines, Brüssel, Entso-e und Europacable 2010, S. 14)

Mit der neu entwickelten Verfahrenstechnik, die sowohl eine innovative Kabelverlegetechnik als auch eine aktiv gekühlte Stromübertragung (AGS) auf Höchstspannungsebene beinhaltet, wird eine neue Basistechnologie vorgeschlagen, die die Stromübertragung unterirdisch in vorteilhaften Schmaltrassen ermöglicht. Damit könnte die Energiewende, bei hoher gesellschaftlicher Akzeptanz, maßgeblich positiv beeinflusst und Konsens in bisher strittigen Fragen herbeiführt werden.

### 1 Ausgangssituation und Problematik beim Ausbau des Stromnetzes auf Höchstspannungsebene

Umfragen zeigen, dass die Energiewende nach wie vor von der Mehrheit der Deutschen bejaht wird. Allerdings schwindet diese Zustimmung genauso kontinuierlich, wie die Strompreise steigen. Einerseits ist es die Kostenexplosion, andererseits ist es das fehlende Verständnis dafür, wie trotz eines enormen Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland der Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Ausstoß hier zu Lande nicht gebremst werden konnte. Im Zusammenhang mit der Entwicklung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes und im Kontext des massiven Preissturzes im europäischen Emissionshandelssystem konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf den Aspekt des notwendigen Ausbaus des Höchstspannungsübertragungsnetzes.

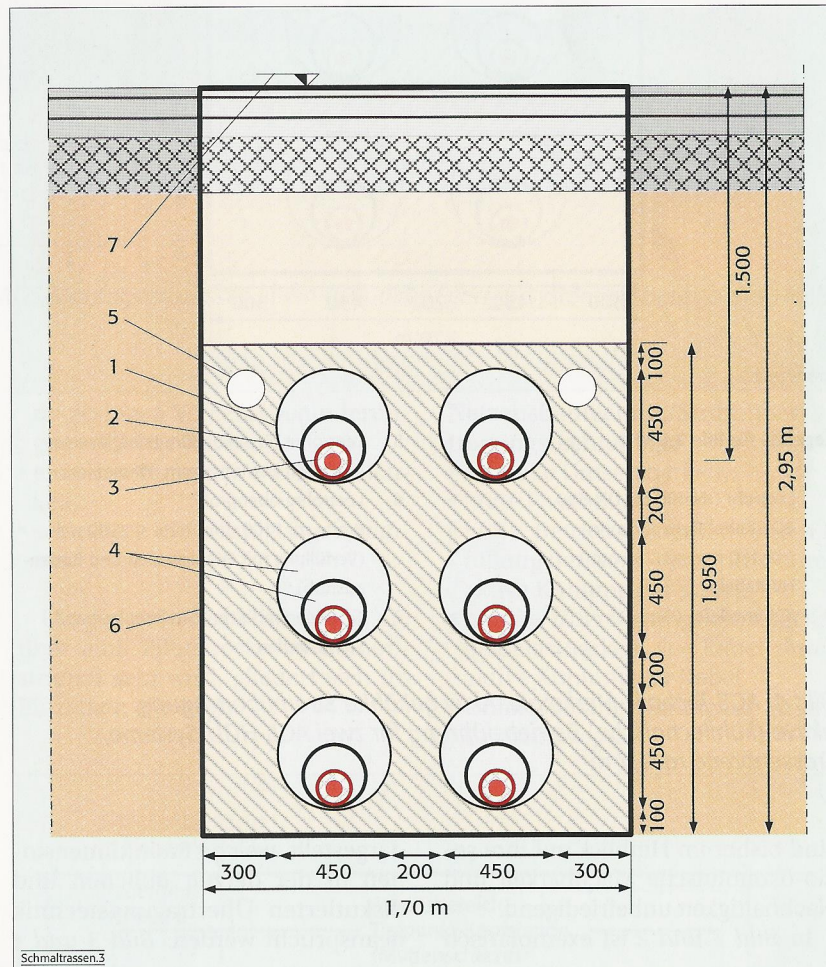
Im Zuge der Energiewende haben verschiedene Kostenszenarien gezeigt, dass ein kosteneffizienter Ausbau der Stromerzeugung im Wesentlichen auf die Windenergie (küstennah onshore sowie offshore) setzt. Dem folgen große Infrastrukturprojekte zur Stromübertragung, in denen über hunderte von Kilometern Höchstspannungsleitungen, vor allem in Form extrem breiter Übertragungstrassen (Freileitungen), durch zahlreiche Bundesländer hindurch, von Nord- nach Süddeutschland geplant, genehmigt und gebaut bzw. verlegt werden müssen.

Freileitungen stellen die kostengünstigste Variante der Stromübertragung dar, sofern intangible Kos-

ten unberücksichtigt bleiben. Der enorme Flächenverbrauch aufgrund breiter Trassen und mögliche gesundheitliche Belastungen durch elektromagnetische Felder werden regelmäßig von Bürgerinitiativen aufgegriffen, um gegen einen weiteren Freileitungsausbau im Land vorzugehen. Der Stromtransport und die Anforderungen an ihn sind aber die Grundlage dafür, die Energiewende voranbringen zu können.

liche Leitungen erstellt werden, die in etwa Kosten in Höhe von rd. 28 Mrd. € nach sich ziehen dürften.<sup>1)</sup>

Mit der derzeit zugrunde gelegten Freileitungstechnik, aber auch bei Erdkabel basierten Teilverkabelungskonzepten, werden breite, weithin sichtbare, die Landschaft prägende Stromtrassen in Kauf genommen, die darüber hinaus auf Jahrzehnte beaufsichtigt, geschützt und gepflegt werden müssen. Diese



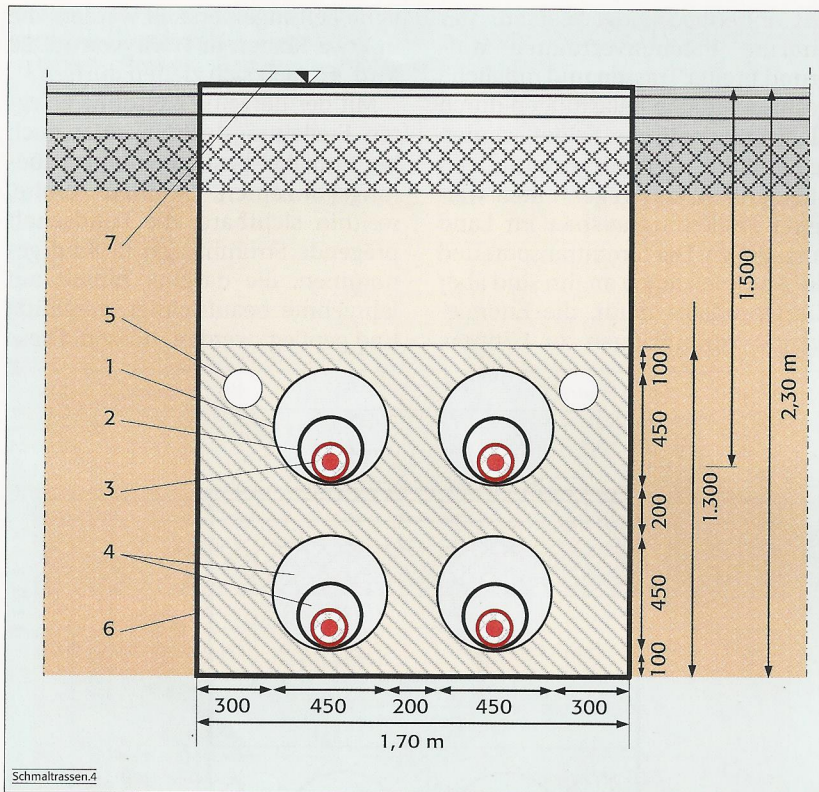
**Bild 3: AGS-Technik, Merkmale: Aktiv gekühlte Stromübertragung, aktive (kühltechnische) Betriebsführung für zwei AGS-Drehstrom-Systeme. Trassenbreite rd. 1,7 m bei vertikaler und rd. 2,5 m bei horizontaler Systemausrichtung.**

Legende: siehe Bild 4

Bis zum Jahr 2020 wird für den Bereich der Übertragungsnetze ein Neubedarf mit 3.600 km Trassenlänge geschätzt, der ein Investitionsvolumen in diesem Zeitraum von rd. sechs Mrd. € umfasst. Zur Aufrechterhaltung der Netzstabilität müssten bis 2030 im Bereich der Verteilnetze 135.000 km zusätz-

sind keine Zeichen für zukunftsfähige Stromnetze »Made in Germany«. Die bisherigen Netzausbaukonzepte, heruntergebrochen auf die Realisierung einzelner Netzabschnitte,

<sup>1)</sup> Vgl. Hamburgisches Weltwirtschafts Institut (HWWI), HSH Nordbank (2014), S. 6



Legende für Bild 3 und 4

- 1 Leerrohr DN 400 bis DN 600
- 2 AGS Kabel-Transportrohr (d2 160 mm bis 250 mm)
- 3 HV-Kabel
- 4 Kühlmedium (Wasser)

- 5 Leerrohre für sekundäre Energieversorgung, IKT, Betriebsstrom, Wasser, etc.
- 6 Leerrohrgrabenprofil: Breite rd. 1700 mm; Tiefe < 2300 mm (Verfüllung mit Flüssigboden und Bodenaushub)
- 7 Geländeoberfläche, Straßenoberbau/Standstreifen

Bild 4: AGS-Technik, Merkmale: Aktiv gekühlte Stromübertragung, aktive (kühltechnische) Betriebsführung für zwei AGS-HGÜ-Systeme, Trassenbreite rd. 1,7 m

sind bisher im Hinblick auf ihre sozio-ökonomische Machbarkeit und Nachhaltigkeit unbefriedigend.

In Bild 1 und 2 ist exemplarisch

dargestellt, welche Raumdimensionen in der derzeit üblichen und diskutierten Übertragungstechnik beansprucht werden. Bild 3 und 4

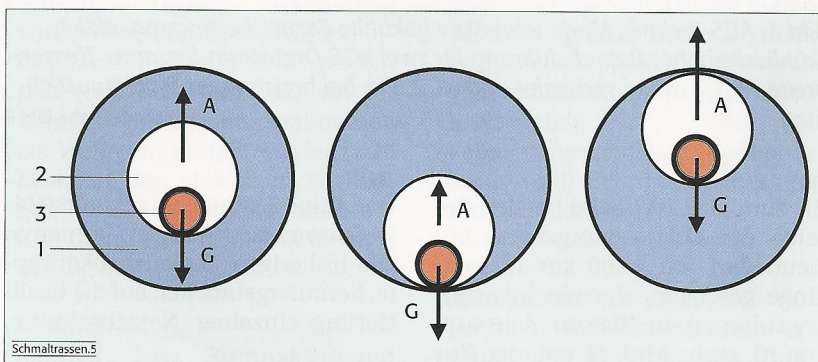


Bild 5: Prinzip der AGS-Kabelverlegetechnik mit einstellbarer Auftriebscharakteristik

stellen in diesem Zusammenhang ein neues Lösungskonzept dar.

## 2 Lösungskonzept: Aktiv gekühlte Stromübertragung

Die «Aktiv gekühlte Stromübertragung» (AGS), die bestehende Fernverkehrsstrassen ausnutzt, basiert auf der Idee, mit innovativer Technik eine im Vergleich zur Erdverkabellung wirtschaftlichere, umweltfreundlichere und schnell umsetzbare Lösung bereitzustellen. Durch Arbeiten des ibp-Institut für Baubetrieb und Projektmanagement an der RWTH Aachen konnten die Vorteilsargumente, wie im Weiteren dargelegt, bestätigt werden. Vor allem der zeitliche Aspekt stellt vor dem Hintergrund der gesteckten Meilensteine der Bundesregierung eine äußerst wichtige Komponente der Energiewende dar. Weiterhin ist AGS ein Infrastrukturkonzept, das für einen breiten Konsens im Netzausbau stehen könnte. Dieser Konsens ist unabdingbar, um die Energiewende in Deutschland nicht nur technisch, wirtschaftlich und nachhaltig voranzubringen, sondern auch zeitlich.

Das innovative AGS-Lösungskonzept verbindet die AGS-Kabelverlegetechnik (Patentanmeldung Nr. EP14159929.0) mit der AGS-Betriebstechnik. Kurzfristig ist vorgesehen, mit einer Machbarkeitsstudie, an der u. a. auch das ibp der RWTH Aachen beteiligt sein wird, einen weiteren Schritt in Richtung »Pilotstrecke« zu gehen.

## 3 Vorteile des AGS-Konzepts

Die AGS-Kabelverlegetechnik (Bild 5 bis 7) erlaubt mit dem auftriebsgestützten Slipping die zugbelastungsfreie Verlegung ultralanger, auf Fernstraßen maximal transportierbarer Höchstspannungskabel in ein Schmaltrassen-Leerrohrsystem (Wasser als Auftriebsmedium).

Das Leerrohr-Kabeltransportrohr-System kann nach dem Montageprozess in einer weiteren Funktion zur aktiven Kühlung der Höchstspannungskabel genutzt werden. Das Leerrohr-Kabeltransportrohr-System fungiert somit als Wärmetauschersystem und wird idealerweise im Gegenstromverfahren mit

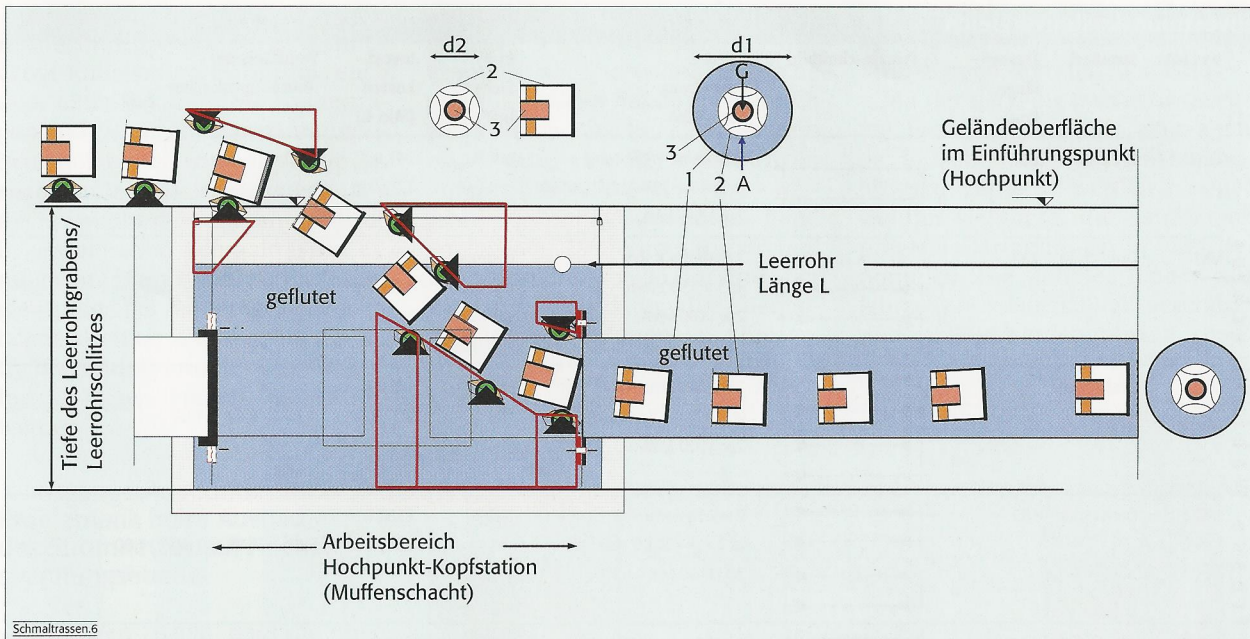


Bild 6: Prinzip des auftriebsgestützten AGS-Montageprozesses in ein geflutetes Leerrohrsystem im Bereich des Hochpunktmuffenschachtes

Wasser als Kühlmedium betrieben (Bild 8).

Durch die aktiv gekühlte Stromübertragung in Schmaltrassen können im Vergleich zu den bisherigen Stromübertragungstechnologien und -konzepten folgende Vorteile erwartet werden:

- technische Vorteile im Bereich der Kabelverlegung und der Stromübertragung mit erhöhter Kabelbelastbarkeit und Übertragungssicherheit <sup>2)</sup>,
- ein deutlicher Minderverbrauch an Umweltressourcen (Schmaltrassen können mit spezieller Bauverfahrenstechnik sogar innerhalb bestehender Fernverkehrstrassen, z. B. Bundesautobahnen, mit rela-

tiv geringen Verkehrsbehinderungen realisiert werden),

- eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit,
- schnellere Genehmigungsverfahren.

Die genannte Vorteilsstruktur, die über eine Pilotstrecke zu demonstrieren sein wird, gliedert sich im Einzelnen wie folgt:

**Netzausbautechnik/Stromübertragungstechnologie**

- schnelle Umsetzbarkeit,
- hohe Flexibilität,
- hohe Betriebssicherheit und Erfüllung der (n-1)-Forderung durch aktive Kühlung der Kabel,
- höhere Übertragungsleistung/Kabelbelastbarkeit der Kabel durch aktive Kühlung der Kabel,
- Unterstützung sämtlicher Smart-Grid-Konzepte,

<sup>2)</sup> Der Berechnung der Kabelbelastbarkeit erdverlegter Höchstspannungskabel sind Grenzen gesetzt, da die mathematische Modellierung solcher Systeme kaum möglich ist. Physikalische Langzeiteinwirkungen auf erdverlegte Höchstspannungskabel, z. B. durch eine langsame aber stetige Austrocknung des Erdmaterials in unmittelbarer Kabelumgebung, senken die Kabelbelastbarkeitsgrenzen und können zu einem beschleunigten Alterungsprozess der Kabelisolierung und zum thermischen Versagen führen. Derartige Schadensfälle sind mit zeitaufwendigen Reparaturen und langen Ausfallzeiten verbunden. Eine Kabelüberwachung und das Monitoring erdverlegter Höchstspannungskabel zur Schadensprävention ist schwierig herzustellen. Vgl. hierzu Schell, F. (2009), S. 1-17

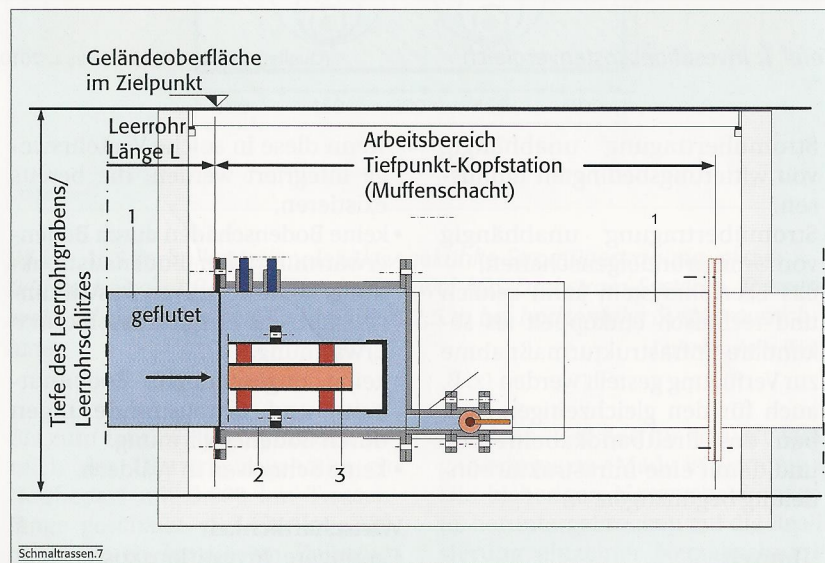


Bild 7: Prinzip des auftriebsgestützten AGS-Montageprozesses in ein geflutetes Leerrohrsystem im Bereich des Tiefpunktmuffenschachtes (Zielposition der Kabelmontage)

| Investitionskostenvergleich             |                    |                   |                   |   |   |                        |                                   |      |      |      |      |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|---|---|------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| Variante                                | Stromart           | Trassenlänge (km) | Prinzipschaltbild | Kurzbeschreibung<br>1600 MVA  | (n-1) Sicherheit                                | Invest.-kosten (Mio €) | Verhältnis der Investitionskosten |      |      |      |      |
| Trasse<br>Wahl -<br>Mecklar             | FL1B               | Drehstrom 201     |                   | 2 Systeme Freileitung<br>je 3 x 4 x 565-AL1/72-ST1A<br>2 x 1100 MVA     | erfüllt   | 241,0<br>1,20/km       | 1,00                              |      |      |      |      |
|   | VK1                | Drehstrom 182     |                   | 2 Systeme Kabel<br>je 3 x 2500 mm² Cu<br>2 x 1100 MVA                   | bedingt:<br>nur bei<br>weitem<br>Verlegeabstand | 739,4<br>4,06/km       | 3,07                              | 1,00 |      |      |      |
|   | VK2a               | Drehstrom 182     |                   | 2 x 2 Systeme Kabel<br>je 2 x 3 x 1200 mm² Cu<br>2 x 1100 MVA           | erfüllt   | 1050,3<br>5,77/km      | 4,36                              | 1,42 | 1,00 |      |      |
|   | VK2d               | Drehstrom 182     |                   | 2 x 2 Systeme Kabel<br>je 2 x 3 x 2500 mm² Cu<br>2 x 1100 MVA           | erfüllt   | 1367,1<br>7,51/km      | 5,67                              | 1,85 | 1,30 | 1,00 |      |
|   | HGÜ1               | Gleichstrom 182   |                   | 2 x 3 Systeme VSC HGÜ<br>2 x 3 x 2 x 2400 mm² Al<br>6 x 400 MVA ±150 kV | erfüllt   | 1627,5<br>8,94 /km     | 6,75                              | 2,20 | 1,55 | 1,19 | 1,00 |
|   | HGÜ2               | Gleichstrom 182   |                   | 2 Systeme VSC HGÜ<br>2 x 2 x 2500 mm² Al<br>2x1100 MW, ±320 kV          | erfüllt   | 810<br>4,45/km         | 3,36                              | 1,10 | 0,77 | 0,59 | 0,50 |
| Projektstudie<br>Kirchhorst -<br>Hansum | HGÜ<br>Freileitung | Gleichstrom 25,1  |                   | 2 Systeme Freileitung   | erfüllt   | 0,59/km                | 1,00                              |      |      |      |      |
|   | HGÜ<br>Erdkabel    | Gleichstrom 25,1  |                   | 2 Systeme VSC HGÜ<br>je 2 x 2500 mm² Cu<br>2 x 1100 MW, ±320 kV         | erfüllt   | 4,08/km                | 6,94                              | 1,00 |      |      | 0,92 |
|   | AGS-HGÜ            | Gleichstrom 25,1  |                   | 2 Systeme VSC HGÜ<br>je 2 x 2500 mm² Cu<br>2 x 1100 MW, ±320 kV         | erfüllt   | 78,2<br>3,11/km        | 5,29                              | 0,76 |      |      | 0,70 |

Tafel 1: Investitionskostenvergleich

(Quelle: Oswald, BR.; Hofmann, L. 2010, S. 3ff, Jansen, T. 2014, S. 86ff, eigene Darstellung)

- Stromübertragung unabhängig von witterungsbedingten Einflüssen,
- Stromübertragung unabhängig von Untergrundeigenschaften,
- das Leerrohrsystem kann zeitlich und technisch entkoppelt als sekundäre Infrastrukturmaßnahme zur Verfügung gestellt werden (z. B. auch für den gleichzeitigen Ausbau des Breitbandkabelnetzes) und damit eine Infrastrukturbündelung begünstigen.

**Umwelt**

- Schmal- bzw. Kompakttrassen führen zu geringeren Belastungen der Umwelt und helfen das Landschaftsbild zu erhalten, vor allem

- wenn diese in solche Verkehrswege integriert werden, die bereits existieren,
- keine Bodenschäden durch Bodenerwärmung oder Bodenaustrocknung; keine negativen Auswirkungen auf das Grundwasser durch Erwärmung,
- keine eingeschränkte Bodennutzung und Ertragsminderungen durch Bodenerwärmung,
- keine Schneisen in Wäldern.

**Wirtschaftlichkeit**

- geringere Investitionskosten aufgrund von Schmal- bzw. Kompakttrassen mit Trassenbreiten von rd. 2 bis 3 m (u. a. geringere Aufwendungen für Erdbau, Land-

- schaftsbau, Grunderwerb und Pacht gegenüber direkter Erdverkabelung mit breiten Trassen),
- geringere Gesamtbetriebskosten trotz zusätzlicher Kühlbetriebskosten (u. a. geringerer Aufwand für Trassenpflege und zusätzliche Überwachung, wenn Trassen vor allem im Schutz von Verkehrswegen liegen),
- teure Zuwegungen für Schwerlastkabeltransportfahrzeuge und Baumaschinen entfallen,
- geringere Anzahl von Kabel-Muffenschächten und Schutzeinrichtungen sowie deren verbesserter Zugänglichkeit,
- Bodennutzung gegenüber erdverlegten Kabeltrassen möglich,

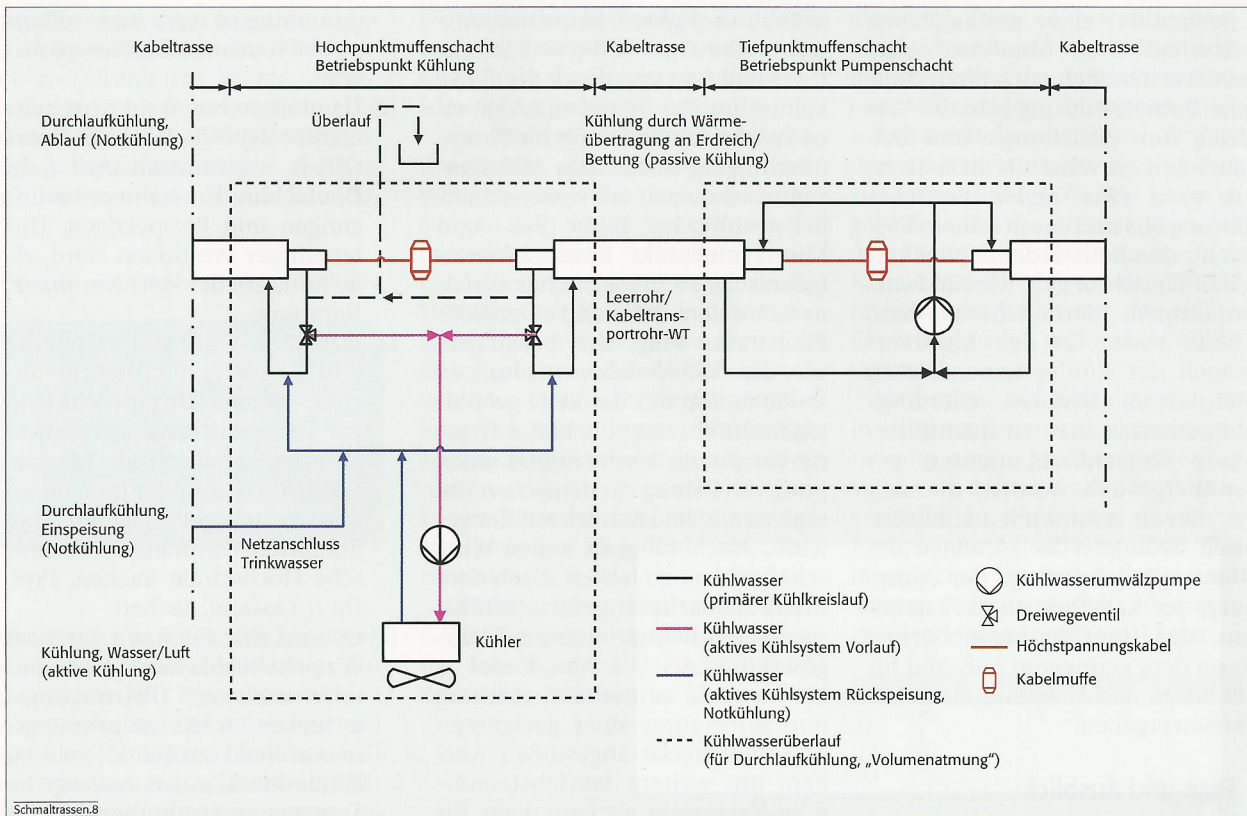


Bild 8: Funktionsschema AGS-Betriebstechnik «Aktiv gekühlte Stromübertragung»

- Austauschmontage ist möglich und führt zu geringeren Reparaturkosten (keine neue Erdbaustelle im Reparaturfall),
- geringere Ausfallzeiten der Stromübertragung im Reparaturfall,
- Instandhaltung vereinfacht.

#### Genehmigungsverfahren

- in das bisherige Netzausbaukonzept integrierbar,
- Mehrfachnutzung der bestehenden Fernverkehrswege als Stromübertragungstrassen und damit vereinfachte Genehmigungsverfahren,
- hohe Bürgerakzeptanz trägt entscheidend zur Konsensbildung für den Netzausbau bei,
- weniger gerichtliche Klagen behindern den notwendigen Netzausbau.

Der bereits heute sich abzeichnende wirtschaftliche Vorteil der AGS-Technik gegenüber der Erdkabeltechnik ist besonders hervorzuheben. Grundlagen für die in der *Tafel 1* zusammengefassten Ergebnisse lieferten u. a. der Wirtschaftlichkeitsvergleich über das Projekt

Wahle-Mecklar<sup>3)</sup> und Kostenvergleiche am ibp-Institut der RWTH Aachen innerhalb einer Projektstudie für einen fiktiven Teilabschnitt Kirchhorst-Harsum<sup>4)</sup> der »Südlin-Trasse«. Es bestätigte sich, dass bei rein investiver Betrachtung erwartungsgemäß Freileitungssysteme auch bei Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs(HGÜ)-Leitungen kostengünstiger sind, als kabelbasierte Systeme.

Der erstmalig durchgeführte Investitionskostenvergleich HGÜ-Erdkabel mit der HGÜ-AGS zeigt einen signifikanten Kostenvorteil der HGÜ-AGS und lässt erwarten, dass dieser Kostenvorteil in zukünftigen Projektkostenrechnungen bestätigt werden kann.

Können Freileitungen aus den unterschiedlichsten Gründen nicht umgesetzt werden, dann hat die AGS-Technik im Vergleich zur Erdverkabelung nicht nur das Potential die kostengünstigere Alternative (sie weist in der an der RWTH Aachen

durchgeführten Simulationsstudie »Kirchhorst – Harsum« einen Investitionskostenvorteil von rd. 24 % aus), sondern grundsätzlich auch die vorteilhaftere Variante zu sein. Selbst die investiven Mehrkosten im Vergleich zum Freileitungssystem relativieren sich drastisch, würden beispielsweise der enorme Flächenbedarf (Schädigung des Landschaftsbildes, Ressourcenverbrauch), die noch immer bestehenden Unsicherheiten in der Einschätzung gesundheitlicher Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen, aber vor allem die immer größer werdenden Folgekosten und Risiken durch zeitliche Verzögerungen innerhalb der kompletten Kette des Realisierungsablaufs berücksichtigt. Insofern müsste eine wirtschaftliche Betrachtung eine Ebene höher ansetzen: Ausgehend von einer einzelwirtschaftlichen Betrachtung hin zu einem gesamtwirtschaftlichen Investitionsrechenverfahren, etwa in Gestalt einer Nutzen-Kosten-Analyse, in dem die Nutzenkomponenten quantifiziert werden und in die Bewertung einfließen.

<sup>3)</sup> Vgl. Oswald, BR., Hofmann, L. (2010), S. 3ff

<sup>4)</sup> Vgl. Jansen, T. (2014), S. 86ff

Bestandteil einer umfänglichen wirtschaftlichen Analyse sollte selbstverständlich auch die technische Betriebsführung sein. Im Vergleich zum Freileitungs- und Erdkabel-System weist die AGS-Technik zwar eine aktive Betriebsführung aus und damit höhere Kosten für den Betrieb der kühltechnischen Einrichtungen, wie Kühlwasserpumpen, Wärmetauscher bzw. Kühler sowie für den Eigenverbrauch der Kühlsysteme. Diesen Mehrkosten könnten allerdings Minderkosten bzw. zu quantifizierende Nutzenkomponenten gegenübergestellt werden, die sich aus den zu erwartenden kühltechnisch bedingten Steigerungen der Übertragungsleistung, der Anhebung der Kabelbelastbarkeitsgrenzen, der Übertragungssicherheit sowie dem geringeren Aufwand für die Pflege und Sicherung der AGS-Trassen ergeben.

#### 4 Fazit und Ausblick

Ob die Energiewende letztendlich erfolgreich sein wird, hängt im Wesentlichen vom Ausbau der deutschen Stromnetze im Höchstspannungsbereich ab, wenn weiterhin darauf gesetzt wird, vornehmlich günstig zu produzierenden Windstrom aus dem hohen Norden bis in den Süden zu transportieren. Der Investitionsbedarf geht in die Milliarden. Vor dem Hintergrund des bisher angedachten Ausbaus mit Trassen, die vor allem als Freileitungen vorgesehen sind, scheint es zweifelhaft, den Stromnetzausbau auch zeitlich entscheidend voranbringen zu können. Das AGS-Konzept bietet in wesentlichen Teilbereichen, vor allem als Alternative zu bisherigen Bauweisen der Erdkabelverlegung, eine

zeitnah verfügbare, bauverfahrenstechnische Option für den Stromtrassenausbau und durch die aktive kühltechnische Betriebsführung eine zusätzliche Option für die Stromübertragung selbst. Das AGS-Konzept wird derzeit auf wissenschaftlich-technischer Basis (Bau- und Montagetechnik, bauverfahrenstechnische Prozesse) weiter verfeinert. Auf dem Prüfstand einer AGS-Pilotstrecke sollte sich bestätigen, was die AGS-Verfahrenstechnik in Kombination mit der aktiv gekühlten Stromübertragung in der Theorie verspricht: Nachweislich einen positiven Beitrag zur deutschen Energiewende im Hinblick auf Zeitgewinn, Nachhaltigkeit sowie Wirtschaftlichkeit zu leisten. Nach dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) sowie dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG § 2, Abs. 1 und 2) könnte eine zeitnahe Errichtung und Integration einer geeigneten AGS-Pilotstrecke angestoßen werden, um weitere betriebstechnische Nachweise als Grundlage für eine normative Verankerung zu erzielen. Durch eine generelle und projektspezifische Umweltverträglichkeitsprüfung sollten die Voraussetzungen für einen Antrag auf Bundesfachplanung für eine AGS-Pilotstrecke nach dem Netzausbaubeschleunigungsgesetz (Nabeg) geschaffen werden. Um im Vorschlagskorridor der handelnden Akteure Niederschlag zu finden, wird die Projektentwicklung daher zusätzlich auch in politischer Hinsicht mit Nachdruck vorangetrieben.

#### Schrifttum

[1] Entso-e, Europacable (2010) Joint paper: Feasibility and technical aspects of partial under-

grounding of extra high voltage power transmission lines, Brussels

- [2] Hamburgisches WeltWirtschafts Institut (HWWI), HSH Nordbank (2014) Stromtransport in Deutschland: Rahmenbedingungen und Perspektiven, Unternehmer Positionen Nord, eine Initiative der HSH Nordbank, Hamburg
- [3] Jansen, T.: (2014) Darstellung und Bewertung unterschiedlicher Bauverfahrenstechniken zur Verlegung einer neuartigen Stromerkabeltechnik, Masterarbeit am Institut für Baubetrieb und Projektmanagement ibp, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Prof. Dr. R. Osebold, Aachen
- [4] Oswald, BR.; Hofmann, L.: (2010) Wirtschaftlichkeitsvergleich unterschiedlicher Übertragungstechniken im Höchstspannungsnetz anhand der 380-kV-Leitung Wahle-Mecklar, im Auftrag der Transpower Stromübertragungs GmbH, Bayreuth, Hannover
- [5] 50Hertz (2010): Infomappe Uckermarkleitung, EEG-bedingter Neubau der 380-kV-Freileitung von Prenzlau nach Berlin, Berlin
- [6] Schell, F.: (2009) Grenzen der etablierten Kabelbelastbarkeitsberechnung nach IEC 60287 und ihre Bedeutung für die Netzqualität, Artikel SEC-Bulletin, [www.technik-forum.ch](http://www.technik-forum.ch), Download

[rolf.hamann@online.de](mailto:rolf.hamann@online.de)

[werner.spiegel@arcor.de](mailto:werner.spiegel@arcor.de)

[www.dr-rolf-hamann.de](http://www.dr-rolf-hamann.de)