

Integrierte Anlage und Verfahren zum flexiblen Einsatz von Strom

Die vorliegende Erfindung betrifft eine integrierte Anlage und ein Verfahren zum flexiblen Einsatz von Strom.

- 5 Der Einsatz erneuerbarer Energien, wie Windkraft, Solarenergie und Wasserkraft, gewinnt eine immer größere Bedeutung zur Stromerzeugung. Elektrische Energie wird typischerweise über langreichweitige, überregionale und länderübergreifend gekoppelte Stromversorgungsnetze, kurz als Stromnetze bezeichnet, an eine Vielzahl von Verbrauchern geliefert. Da elektrische Energie im Stromnetz selbst
- 10 beziehungsweise ohne weitere Vorrichtungen nicht in signifikantem Umfang speicherbar ist, muss die in das Stromnetz eingespeiste elektrische Leistung auf den verbraucherseitigen Leistungsbedarf, die sogenannte Last, abgestimmt werden. Die Last schwankt bekanntermaßen zeitabhängig, insbesondere je nach Tageszeit, Wochentag oder auch Jahreszeit. Klassisch wird der Lastverlauf in die drei Bereiche
- 15 Grundlast, Mittellast und Spitzenlast unterteilt, und elektrische Energieerzeuger werden je nach Typ geeignet in diesen drei Lastbereichen eingesetzt. Für eine stabile und zuverlässige Stromversorgung ist ein kontinuierlicher Gleichlauf von Stromerzeugung und Stromabnahme notwendig. Eventuell auftretende kurzfristige Abweichungen werden durch sogenannte positive oder negative Regelleistung bzw.
- 20 Regelleistung ausgeglichen. Bei regenerativen Stromerzeugungseinrichtungen tritt die Schwierigkeit auf, dass bei bestimmten Typen, wie Windkraft und Solarenergie, die Energieerzeugungsleistung nicht zu jedem Zeitpunkt vorhanden und in bestimmter Weise steuerbar ist, sondern z.B. tageszeitlichen und witterungsbedingten Schwankungen unterliegt, die nur bedingt vorhersagbar sind
- 25 und in der Regel nicht mit dem jeweils aktuellen Energiebedarf übereinstimmen.

Üblicherweise ist die Differenz zwischen der Erzeugungsleistung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien und dem aktuellen Verbrauch durch andere Kraftwerke bereitzustellen, wie beispielsweise Gas-, Kohle- und Kernkraftwerke. Mit zunehmendem Ausbau und Anteil der fluktuierenden erneuerbaren Energien an der

Stromversorgung müssen immer größere Schwankungen zwischen deren Leistung und dem aktuellen Verbrauch ausgeglichen werden. So werden bereits heute neben Gaskraftwerken zunehmend auch Steinkohlekraftwerke in Teillast gefahren oder ganz heruntergefahren, um die Schwankungen auszugleichen. Da diese variable
5 Fahrweise der Kraftwerke mit beträchtlichen Zusatzkosten verbunden ist, wird seit geraumer Zeit die Entwicklung alternativer Maßnahmen untersucht. Ein Ansatz ist es, alternativ oder ergänzend zur Veränderung der Leistung eines Kraftwerks die Leistung von einem oder mehreren Verbrauchern anzupassen (z.B. Demand Side Management, Smart Grids). Ein weiterer Ansatz ist es, im Fall von hohen
10 Erzeugungsleistungen aus erneuerbaren Energien einen Teil der Leistung zu speichern und in Zeiten von geringen Erzeugungsleistungen oder hohem Verbrauch wieder auszuspeichern. Dazu werden bereits heute beispielsweise Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt. In der Entwicklung befinden sich auch Konzepte zur Speicherung von Strom in Form von Wasserstoff durch elektrolytische Spaltung
15 von Wasser.

Die hier beschriebenen Maßnahmen sind insgesamt mit beträchtlichen Zusatzkosten und wirkungsgradbedingten Energieverlusten verbunden. Vor diesem Hintergrund wird verstärkt nach besseren Möglichkeiten gesucht, die durch die Verwendung von erneuerbaren Energien, insbesondere Windkraft und Solarenergie, auftretenden
20 Unterschiede zwischen Strombereitstellung und Stromabnahme auszugleichen.

Von Anlagen zur Herstellung von Ethin in Lichtbogenreaktoren ist bekannt, dass diese durch Zu- oder Abschalten von Lichtbögen sehr gut auf ein stark schwankendes Stromangebot angepasst werden können. Allerdings ergibt sich hierbei das Problem, dass diese Anlagen in diesem Fall nur eine relativ geringe
25 Auslastung aufweisen, so dass die Investitionskosten, bezogen auf die durch die Anlage im Jahresdurchschnitt erzeugte Menge an Ethin, sehr hoch sind, wenn die Anlage nur bei einem Stromüberschuss betrieben wird.

Bei einer geschätzten Betriebsdauer von höchstens 20%, bezogen auf einen maximal möglichen Dauereinsatz, ergeben sich inakzeptabel lange

Amortisationszeiten, so dass eine Rentabilität nur durch staatliche Eingriffe oder außergewöhnliche Geschäftsmodelle gegeben sein kann. Diese Schätzung beruht darauf, dass die Anlage nur in Zeiten eines Überschusses an erneuerbaren Energien betrieben wird.

- 5 Weiterhin ist festzuhalten, dass für den Fall eines über längere Zeit geringen Angebots an erneuerbarer Energie Kraftwerke vorgehalten werden müssen, die die Deckung eines Grundbedarfs sicherstellen können. Die hierzu notwendige Vorhaltung von Kraftwerkskapazitäten muss betriebswirtschaftlich machbar sein oder gegebenenfalls durch staatliche Regelungen finanziert werden, da auch in diesem
- 10 Fall vergleichsweise hohe Fixkosten einer relativ geringen Betriebsdauer gegenüberstehen.

- Konventionelle Kraftwerke, d. h. Kraftwerke, die auf fossilen oder biogenen Energieträgern oder auf Kernkraft basieren, können elektrische Energie planbar über lange Zeit bereitstellen. Der Einsatz von auf fossilen Energieträgern oder Kernkraft
- 15 basierten Anlagen soll allerdings aufgrund von politischen Gründen, insbesondere Gründen der Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes, zunehmend zu Gunsten von Stromerzeugern reduziert werden, die auf erneuerbaren Energien basieren. Diese Stromerzeuger müssen jedoch bedarfsgerecht installiert und ihrerseits wirtschaftlich betrieben werden können. Ab einem gewissen Grad an installierter Kapazität auf
- 20 Basis erneuerbarer Energien ist es wirtschaftlich sinnvoller, statt eines weiteren Zubaus an Kapazitäten für erneuerbare Energien solche in Form von Speichern zu installieren, so dass in Zeiten eines Stromüberschusses durch erneuerbare Energie diese sinnvoll eingesetzt und gespeichert werden kann und in Zeiten eines Stromunterschusses aus Energiespeichern oder konventionellen Kraftwerken Strom
- 25 bereitgestellt werden kann. Bei einer zweckmäßigen Flexibilisierung des Energieverbrauchs kann hierbei angenommen werden, dass die Zeiten eines spürbaren Stromüberschusses oder Stromunterschusses geringer sein werden. Für diese geringen Zeiten besteht trotz allem die Notwendigkeit, die Stromversorgung sicherzustellen, wobei dies möglichst wirtschaftlich bewerkstelligt werden sollte.

- 4 -

In Anbetracht des Standes der Technik ist es nun Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Anlage bereitzustellen, die nicht mit den Nachteilen herkömmlicher Verfahren behaftet ist.

Insbesondere war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Wege zu finden, die es ermöglichen, die Flexibilität im Hinblick auf Speicherung und Nutzung von elektrischer Energie gegenüber dem Stand der Technik zu erhöhen.

Weiterhin sollte die Anlage flexibel betreibbar sein, so dass auf eine Veränderung von Stromangebot und/oder Stromnachfrage besonders flexibel reagiert werden kann, um beispielsweise wirtschaftliche Vorteile zu erzielen. Hierbei sollte die Anlage auch bei längeren Perioden eines hohen oder geringen Stromangebots zur Speicherung oder Bereitstellung von elektrischer Energie eingesetzt werden können.

Ferner sollte durch die vorliegende Erfindung die Versorgungssicherheit verbessert werden.

Die Anlage und das Verfahren sollten weiterhin einen möglichst hohen Wirkungsgrad besitzen. Weiterhin sollte das erfindungsgemäße Verfahren unter Verwendung der herkömmlichen und weithin vorhandenen Infrastruktur durchgeführt werden können.

Darüber hinaus sollte das Verfahren mit möglichst wenigen Verfahrensschritten durchgeführt werden können, wobei dieselben einfach und reproduzierbar sein sollten.

Weitere nicht explizit genannte Aufgaben ergeben sich aus dem Gesamtzusammenhang der nachfolgenden Beschreibung und den Ansprüchen.

Gelöst werden diese sowie weitere nicht explizit genannte Aufgaben, die sich aus den einleitend diskutierten Zusammenhängen ergeben, durch eine integrierte Anlage, in der eine Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin, eine Trennvorrichtung zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin und eine Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz so verbunden werden, dass aus der Trennvorrichtung ein

- 5 -

Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe in das Erdgasnetz eingeleitet werden kann.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist dementsprechend eine integrierte Anlage, die eine Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin und eine
5 Trennvorrichtung zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin unter Erhalt mindestens eines Gasstroms enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe umfasst, wobei die integrierte Anlage eine Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz aufweist, der aus der Trennvorrichtung über mindestens eine Leitung ein Gasstrom enthaltend
10 Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist außerdem ein Verfahren zum flexiblen Einsatz von Strom in einer erfindungsgemäßen integrierten Anlage, bei dem ein Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz eingespeist wird und in Abhängigkeit vom Stromangebot die Menge und/oder die
15 Zusammensetzung des in das Erdgasnetz eingespeisten Gasstroms verändert wird.

Die erfindungsgemäße integrierte Anlage und das erfindungsgemäße Verfahren weisen ein besonders gutes Eigenschaftsprofil auf, wobei die Nachteile herkömmlicher Verfahren und Anlagen deutlich reduziert werden können.

Insbesondere wurde in überraschender Weise gefunden, dass es damit möglich wird,
20 eine Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin mit einer hohen Auslastung zu betreiben, wobei erneuerbare Energien bei einem Überschuss wirtschaftlich eingesetzt werden können. Weiterhin kann durch die Anlage ein Stromüberschuss aus erneuerbaren Energien, unter anderem Windkraft oder Photovoltaik, in eine speicherbare Form überführt werden.

25 Ferner kann elektrische Energie auch bei einer längeren Periode an einem geringen Angebot an erneuerbarer Energie auf besonders kostengünstige Weise bereitgestellt werden.

- 6 -

Eine Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin kann gut dynamisch betrieben werden, lässt sich also variabel auf das Stromangebot hin anpassen. Hierbei kann die integrierte Anlage auch bei längeren Perioden eines hohen oder geringen Stromangebots zur Speicherung oder Bereitstellung von elektrischer
5 Energie eingesetzt werden. Hierbei können überraschend hohe Laufzeiten aller Komponenten der integrierten Anlage erzielt werden, so dass deren Betrieb sehr wirtschaftlich gestaltet werden kann.

Es kann außerdem vorgesehen sein, dass die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin regelbar ausgestaltet ist, wobei die Regelung in Abhängigkeit
10 des Stromangebots erfolgt.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur elektrothermischen Herstellung von Ethin Strom aus erneuerbaren Energien verwendet.

Darüber hinaus kann das Verfahren mit relativ wenigen Verfahrensschritten
15 durchgeführt werden, wobei dieselben einfach und reproduzierbar sind.

Durch die Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energien ermöglicht die vorliegende integrierte Anlage die Bereitstellung von chemischen Folgeprodukten bei einer geringen Freisetzung von Kohlendioxid, da das erhaltene Ethin bei sehr hohen Umsatzgraden und im Vergleich zu alternativen Ausgangsstoffen bei geringerer
20 weiterer Energiezufuhr oder höherer Wärmefreisetzung zu vielen chemisch wichtigen Folgeprodukten umgesetzt werden kann.

Die erfindungsgemäße integrierte Anlage dient zur zweckmäßigen und flexiblen Verwendung von elektrischer Energie, hierin synonym auch als Strom bezeichnet. Die integrierte Anlage kann bei einem hohen Stromangebot elektrische Energie
25 speichern und insbesondere bei einem geringen Stromangebot elektrische Energie in ein Stromnetz einspeisen. Der Begriff Speicherung bezeichnet hierbei die Fähigkeit der Anlage, bei einem hohen Angebot an Strom diesen in eine speicherbare Form, vorliegend als chemische Energie, zu überführen, wobei diese chemische Energie

- 7 -

bei einem geringen Angebot an Strom in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Die Speicherung kann dabei in Form des Koppelprodukts Wasserstoff erfolgen, das bei der elektrothermischen Herstellung von Ethin aus Methan oder höheren Kohlenwasserstoffen zwangsläufig entsteht. Die Speicherung kann
5 außerdem in Form von Produkten erfolgen, die bei der elektrothermischen Herstellung von Ethin in einer parallel zur Bildung von Ethin ablaufenden endothermen Umsetzung erhalten werden, beispielsweise durch eine Umsetzung von zwei Molekülen Methan zu Ethan und Wasserstoff. In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass zwei Mol Methan (CH_4) einen geringeren Energiegehalt haben, als
10 beispielsweise ein Mol Ethan (C_2H_6) und ein Mol Wasserstoff, so dass durch eine Umwandlung von Methan in Wasserstoff und einen Kohlenwasserstoff mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen Energie gespeichert werden kann.

In konventionellen Anlagen zur Herstellung von Ethin wird relativ viel Energie aufgewendet, um die entstehenden Nebenproduktgase aufzuarbeiten, um diese
15 gegebenenfalls in reiner Form zu verkaufen. In der vorliegenden Anlage kann diese Reinigung sehr viel einfacher ausgestaltet werden indem die Nebenproduktgase energetisch verwendet werden.

Die erfindungsgemäße integrierte Anlage umfasst eine Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin. Der Begriff elektrothermisch bezeichnet
20 dabei ein Verfahren, bei dem Ethin in einer endothermen Reaktion aus Kohlenwasserstoffen oder Kohle hergestellt wird und die zur Durchführung der Reaktion erforderliche Wärme durch elektrischen Strom erzeugt wird. Vorzugsweise werden gasförmige oder verdampfte Kohlenwasserstoffe eingesetzt, besonders bevorzugt aliphatische Kohlenwasserstoffe. Besonders geeignet sind Methan, Ethan,
25 Propan und Butane, insbesondere Methan. Bei der elektrothermischen Herstellung von Ethin aus aliphatischen Kohlenwasserstoffen wird als Koppelprodukt Wasserstoff erhalten.

Geeignete Anlagen zur elektrothermischen Herstellung von Ethin sind aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise aus Ullmann's Encyclopedia of Industrial

Chemistry, Band 1, 2012 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, DOI: 10.1002/14356007.a01_097.pub4, Seiten 296 bis 303, aus DE 1 900 644 A1 und aus EP 0 133 982 A2.

Die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin umfasst vorzugsweise
5 einen Lichtbogenreaktor. Die elektrothermische Herstellung von Ethin kann dabei in einem einstufigen Prozess erfolgen, bei dem mindestens ein Kohlenwasserstoff mit einem Gasstrom durch den Lichtbogen geführt wird. Alternativ kann die elektrothermische Herstellung von Ethin in einem zweistufigen Prozess erfolgen, bei dem Wasserstoff durch den Lichtbogen geführt wird und mindestens ein
10 Kohlenwasserstoff hinter dem Lichtbogen in das im Lichtbogen erzeugte Wasserstoffplasma eingespeist wird.

Der Lichtbogenreaktor wird vorzugsweise mit einer Energiedichte von 0,5 bis 10 kWh/Nm³, besonders 1 bis 5 kWh/Nm³ und insbesondere 2 bis 3,5 kWh/Nm³ betrieben, wobei sich die Energiedichte auf das durch den Lichtbogen geleitete
15 Gasvolumen bezieht.

Die Temperatur in der Reaktionszone des Lichtbogenreaktors variiert aufgrund des Gasflusses, wobei im Zentrum des Lichtbogens bis zu 20000 °C erreicht werden und am Rand die Temperatur etwa 600 °C betragen kann. Am Ende des Lichtbogens liegt die mittlere Temperatur des Gases vorzugsweise im Bereich von 1300 bis
20 3000 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 1500 bis 2600 °C.

Die Verweilzeit des Einsatzstoffes in der Reaktionszone des Lichtbogenreaktors liegt vorzugsweise im Bereich von 0,01 ms bis 20 ms, besonders bevorzugt im Bereich von 0,1 ms bis 10 ms und speziell bevorzugt im Bereich von 1 bis 5 ms. Danach wird die aus der Reaktionszone austretende Gasmischung gequenchet, d.h. einer sehr
25 schnellen Abkühlung auf Temperaturen von weniger als 250 °C unterzogen, um eine Zersetzung des thermodynamisch instabilen Zwischenprodukts Acetylen zu vermeiden. Zum Quenchen kann ein direktes Quenchverfahren wie zum Beispiel die Einspeisung von Kohlenwasserstoffen und/oder Wasser oder ein indirektes

Quenchverfahren, wie zum Beispiel die rasche Abkühlung in einem Wärmetauscher mit Dampfgewinnung eingesetzt werden. Direktes Quenchen und indirektes Quenchen können auch miteinander kombiniert werden.

5 In einer ersten Ausführungsform wird die aus der Reaktionszone austretende Gasmischung nur mit Wasser gequencht. Diese Ausführungsform zeichnet sich durch relativ geringe Investitionskosten aus. Nachteilig ist jedoch, dass auf diese Weise ein beträchtlicher Teil der im Produktgas enthaltenen Energie nicht oder exergetisch minderwertig genutzt wird.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform wird die aus der Reaktionszone austretende Gasmischung mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Gas oder einer kohlenwasserstoffhaltigen Flüssigkeit gemischt, wobei zumindest ein Teil der Kohlenwasserstoffe endotherm gespalten wird. Je nach Prozessführung wird dabei ein mehr oder minder breites Produktspektrum erzeugt, z. B. neben Ethin und Wasserstoff auch Anteile an Ethan, Propan, Ethen und anderen niederen
15 Kohlenwasserstoffen. Hierdurch kann die entstehende Wärme in einem wesentlich höheren Umfang einer weiteren Verwendung, wie der endothermen Spaltung der Kohlenwasserstoffe, zugeführt werden.

Nach dieser Temperaturabsenkung, beispielsweise auf 150 bis 300 °C, werden feste Bestandteile, insbesondere Kohlenstoffpartikel, abgetrennt und die Gasmischung, die
20 je nach Ausgangsstoffen neben Ethin und Wasserstoff noch weitere Stoffe, wie Ethen, Ethan, höhere Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und flüchtige Schwefelverbindungen, wie H₂S und CS₂ enthalten kann, der weiteren Aufarbeitung zur Gewinnung von Ethin zugeführt.

Die Leistungsaufnahme der elektrothermischen Anlage zur Herstellung von Ethin
25 hängt von der geplanten Produktionskapazität an Acetylen ab. Wie bei den meisten anderen chemischen Produktionstechnologien sinken die spezifischen Investitionskosten (Kosten für die Investition bezogen auf die installierte Produktionskapazität) mit zunehmender Anlagengröße. Übliche Anlagengrößen zur

- 10 -

Herstellung von Acetylen liegen im Bereich von wenigen 10.000 Tonnen Acetylen bis wenige 100.000 Tonnen Acetylen pro Jahr (gerechnet auf Volllast). Wie aus der Literatur entnommen werden kann, liegt der spezifische Energiebedarf im Reaktionsteil für die Erzeugung von Acetylen je nach eingesetztem Rohstoff im Bereich von ca. 9 bis ca. 12 MWh_{elektrisch} je Tonne Ethin. Einschließlich des Bedarfs an elektrischer Energie für die Aufarbeitung leitet sich daraus der absolute Leistungsbedarf der Acetylenanlage ab. Die gewünschte Produktionskapazität wird in der Regel durch eine parallele Anordnung von mehreren Lichtbogenreaktoren erzielt, die gemeinsam oder getrennt gesteuert werden können.

- Die erfindungsgemäße integrierte Anlage umfasst außerdem eine Trennvorrichtung zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin unter Erhalt von mindestens einem Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, sowie eine Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz, der aus der Trennvorrichtung über eine Leitung mindestens ein Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird.

In der Trennvorrichtung wird Ethin von Wasserstoff und anderen Kohlenwasserstoffen abgetrennt. Ethin kann dabei aus der Gasmischung durch selektive Absorption in ein Lösungsmittel abgetrennt werden. Geeignete Lösungsmittel sind beispielsweise Wasser, Methanol, N-Methylpyrrolidon oder deren Gemische. Geeignete Methoden zur Abtrennung von Ethin aus der Gasmischung sind aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise aus Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Band 1, 2012 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, DOI: 10.1002/14356007.a01_097.pub4, Seiten 291 bis 293, 299 und 300, DE 31 50 340 A1 und WO 2007/096271 A1.

Die von Ethin abgetrennte, Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltende Mischung kann direkt der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt werden. Alternativ kann aus der von Ethin abgetrennten Mischung Wasserstoff abgetrennt werden und wahlweise Wasserstoff oder ein dabei

resultierendes kohlenwasserstoffhaltiges Gas der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt werden. Ebenso können auch Wasserstoff und ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas über getrennte Leitungen von der Trennvorrichtung zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt werden. Die Trennung von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen kann dabei auch unvollständig erfolgen, ohne dass sich eine unvollständige Trennung nachteilig auf den Betrieb der Anlage auswirkt, sodass gegenüber der vollständigen Trennung, wie sie in Anlagen zur elektrothermischen Herstellung von Ethin nach dem Stand der Technik durchgeführt wird, der apparative Aufwand und der Energieverbrauch für die Trennung verringern lassen.

Die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz unterliegt keinen besonderen Beschränkungen. Geeignet sind alle Vorrichtungen, mit denen sich Wasserstoff, Alkane und Alkene einzeln oder gemischt gasförmig in ein Erdgasnetz einleiten lassen.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz mindestens einen Speicher für Wasserstoff. Die Art des Speichers ist unkritisch, so dass hierfür ein Drucktank, ein Flüssiggasspeicher, ein Speicher mit Gasadsorption an einem Feststoff oder ein chemischer Speicher, in dem Wasserstoff durch eine reversible chemische Reaktion gespeichert wird, eingesetzt werden können. Die Kapazität des Speichers wird vorzugsweise so bemessen, dass die von der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin unter Volllast innerhalb von 2 Stunden produzierte Menge an Wasserstoff aufgenommen werden kann, besonders bevorzugt die innerhalb von 12 Stunden produzierte Menge und ganz besonders bevorzugt die innerhalb von 48 Stunden produzierte Menge. Die Verwendung eines relativ großen Wasserstoffspeichers ermöglicht eine zeitlich gestreckte Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz, mit der ein vom Netzbetreiber vorgegebener maximaler Gehalt an Wasserstoff im Erdgasnetz eingehalten werden kann. Viele an das Erdgasnetz angeschlossene

- Endgeräte können nur innerhalb eines vergleichsweise engen Bandes beim sogenannten Wobbe-Index sicher betrieben werden und eine Aufweitung des Bandes würde aufwendige Zusatzinstallationen an den Endgeräten erfordern. Der Wobbe-Index beschreibt die Brenneigenschaften von Erdgas. Eine Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgas führt in der Regel zu einer Absenkung des Wobbe-Indexes. Die Technischen Regeln, Arbeitsblatt G 260 des DVGW legen Untergrenzen für den Wobbe-Index fest. Je nach Zusammensetzung des Erdgases können bereits bei Einspeisung von wenigen Volumenprozenten an Wasserstoff in das Erdgasnetz diese Grenzen erreicht werden.
- 10 Die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz umfasst vorzugsweise mindestens einen Speicher für ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas. Als Speicher können ein Drucktank, ein Flüssiggasspeicher, ein Speicher, bei dem die Kohlenwasserstoffe in einem Lösungsmittel absorbiert werden, oder ein Speicher mit Gasadsorption an einem Feststoff verwendet werden. Die Kapazität des Speichers
- 15 wird vorzugsweise so bemessen, dass die von der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin unter Volllast innerhalb von 2 Stunden produzierte Menge an gasförmigen Kohlenwasserstoffen aufgenommen werden kann, besonders bevorzugt die innerhalb von 12 Stunden produzierte Menge und ganz besonders bevorzugt die innerhalb von 48 Stunden produzierte Menge.
- 20 Die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz umfasst vorzugsweise eine Vorrichtung zur Mischung von Gasen. Die Vorrichtung zur Mischung von Gasen ist vorzugsweise so ausgeführt, dass sich der Wobbe-Index, der Brennwert oder die Dichte des Gases, das in das Erdgasnetz eingeleitet wird, oder eine Kombination dieser Gaseigenschaften einstellen lassen. Besonders bevorzugt umfasst die
- 25 Vorrichtung zur Mischung von Gasen eine Messvorrichtung zur Bestimmung von Wobbe-Index, Brennwert oder Dichte des gemischten Gases, mit der sich die Mischung der Gase regeln lässt. Besonders bevorzugt ist die Vorrichtung zur Mischung von Gasen mit einem Speicher für Wasserstoff verbunden, in einer weiter

bevorzugten Ausführungsform zusätzlich auch mit einem Speicher für ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Methanisierungsreaktor zur Umsetzung von Wasserstoff mit Kohlendioxid oder Kohlenmonoxid zu Methan. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Fischer-Tropsch-Reaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu Kohlenwasserstoffen. In einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Hydrierreaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und ungesättigten Kohlenwasserstoffen zu gesättigten Kohlenwasserstoffen. Geeignete Methanisierungsreaktoren, Fischer-Tropsch-Reaktoren und Hydrierreaktoren sind dem Fachmann aus dem Stand der Technik bekannt. Alle drei Ausführungsformen ermöglichen eine Umsetzung von Wasserstoff zu Produkten, deren Dichte, volumenspezifischer Brennwert und Wobbe-Index höher ist als der von Wasserstoff. Werden Kohlenwasserstoffe mit mindestens 2 Kohlenstoffatomen erzeugt, liegen die Dichte, der volumenspezifische Brennwert und der Wobbe-Index sogar über dem von Erdgas. Zusammen mit solchen Kohlenwasserstoffen kann Wasserstoff in größeren Anteilen ins Erdgasnetz eingespeist werden, ohne die von den Regelwerken vorgegebenen Grenzen für die Dichte, den Brennwert und den Wobbe-Index zu unterschreiten.

Die erfindungsgemäße integrierte Anlage umfasst vorzugsweise zusätzlich eine Anlage zur Stromerzeugung, der aus der Trennvorrichtung über eine Leitung mindestens ein Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird. Als Anlagen zur Stromerzeugung eignen sich dabei alle Anlagen, mit denen aus dem Gasstrom elektrischer Strom erzeugt werden kann. Vorzugsweise wird eine Anlage zur Stromerzeugung verwendet, die einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Anlage zur Stromerzeugung eine Brennstoffzelle. In dieser Ausführungsform wird der Anlage zur Stromerzeugung vorzugsweise ein Gasstrom zugeführt, der im Wesentlichen aus Wasserstoff besteht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst die Anlage zur Stromerzeugung ein Kraftwerk mit einer Turbine. Besonders bevorzugt umfasst die Anlage eine Gasturbine, die mit Wasserstoff und/oder kohlenwasserstoffhaltigen Gasen betreibbar ist. Am meisten bevorzugt wird dabei eine Gasturbine verwendet, die sich mit Mischungen aus Wasserstoff und kohlenwasserstoffhaltigen Gasen wechselnder Zusammensetzung betreiben lässt.

Vorzugsweise ist das Kraftwerk mit einer Turbine ein Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk (GuD-Kraftwerk), auch Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk genannt. In diesen Kraftwerken werden die Prinzipien eines Gasturbinenkraftwerkes und eines Dampfkraftwerkes verknüpft. Eine Gasturbine dient hierbei im Allgemeinen unter anderem als Wärmequelle für einen nachgeschalteten Abhitzeessel, der wiederum als Dampferzeuger für die Dampfturbine wirkt.

Der Anlage zur Stromerzeugung können zusätzlich zu dem aus der Trennvorrichtung zugeführten Gasstrom noch weitere Stoffe zugeführt werden, beispielsweise zusätzlicher Wasserstoff für den Betrieb einer Brennstoffzelle oder zusätzlicher Brennstoff für den Betrieb einer Turbine oder die Beheizung eines Dampferzeugers.

Die Leistung der Anlage zur Stromerzeugung kann abhängig von der Produktionskapazität der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin gewählt werden. Vorzugsweise wird die Leistung der Anlage zur Stromerzeugung so gewählt, dass der Strombedarf der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin bei Volllast vollständig durch die Anlage zur Stromerzeugung gedeckt werden kann. Dabei liegt das Verhältnis der elektrischen Leistung zur Ethin-Produktionskapazität vorzugsweise in einem Bereich von 2 bis 20 MW_{elektrisch} je t/h Ethin, besonders bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 15 MW_{elektrisch} je t/h Ethin. Die Leistung kann dabei durch eine einzelne Vorrichtung oder einen Zusammenschluss

von mehreren Vorrichtungen erzielt werden, wobei der Zusammenschluss (Pool) über eine gemeinsame Steuerung erzielt werden kann. Außerdem kann elektrische Energie für die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin aus dem Stromnetz bezogen werden. Ebenso kann die Anlage zur Stromerzeugung so dimensioniert werden, dass zusätzlich zur Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin auch weitere Stromverbraucher versorgt oder die über den Bedarf der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin hinausgehende elektrische Energie in ein Stromnetz eingespeist wird.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen integrierten Anlage umfasst die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin einen Dampferzeuger, mit dem aus der Abwärme des elektrothermischen Verfahrens Dampf erzeugt wird, die Anlage zur Stromerzeugung umfasst eine Vorrichtung, in der Strom aus Dampf erzeugt wird, und die integrierte Anlage umfasst eine Dampfleitung, mit der in dem Dampferzeuger erzeugter Dampf der Vorrichtung, in der Strom aus Dampf erzeugt wird, zugeführt wird. Vorzugsweise wird ein indirekter Quench des in einem Lichtbogenreaktor erhaltenen Reaktionsgases als Dampferzeuger verwendet. Die Vorrichtung, in der Strom aus Dampf erzeugt wird, ist vorzugsweise eine Dampfturbine oder ein Dampfmotor und besonders bevorzugt eine Dampfturbine. Am meisten bevorzugt ist die Dampfturbine Teil eines Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerks. Mit dieser Ausführungsform kann in der Anlage zur Herstellung von Ethin erzeugte Abwärme zur Erzeugung von Strom eingesetzt werden und der Brennstoffbedarf für den Betrieb der Vorrichtung, in der Strom aus Dampf erzeugt wird, verringert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße integrierte Anlage zusätzlich einen Speicher für Ethin. Dieser Speicher ermöglicht es, nachgeschaltete Umsetzungen von Ethin zu weiteren Produkten kontinuierlich weiterzubetreiben, auch wenn bei niedrigem Stromangebot in der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin nur wenig oder gar kein Ethin produziert wird. Vorzugsweise erfolgt die Speicherung von Ethin gelöst in einem Lösungsmittel,

besonders bevorzugt in einem Lösungsmittel, das zur Absorption von Ethin bei der Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin verwendet wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße integrierte Anlage mit einer Wetterprognose-Einheit verbunden. Eine solche Verbindung mit einer Wetterprognose-Einheit ermöglicht es, den Betrieb der Anlage so anzupassen, dass einerseits die Möglichkeit der Nutzung von preiswertem überschüssigen Strom und die Möglichkeit zur Strombereitstellung aus der Anlage zur Stromerzeugung bei geringem Stromangebot und dementsprechend hohem Strompreis genutzt werden können und andererseits stets ausreichend Ethin für den kontinuierlichen Betrieb einer nachgeschalteten, Ethin verbrauchenden Anlage bereitzustellen. So kann, je nach Ergebnis der Wetterprognose, beispielsweise ein Speicher für Ethin auf einen hohen oder tiefen Füllstand gebracht werden. Darüber hinaus kann eine Anlage zur Weiterverarbeitung des Ethins auf geänderte Betriebsweisen vorbereitet und eingestellt werden. So können bei einem längerfristigen Unterangebot an Strom diese Teile des Systems auf eine reduzierte Produktionsleistung eingestellt werden, so dass eine Betriebsunterbrechung aufgrund von fehlendem Ethin vermieden werden kann.

Zusätzlich kann die integrierte Anlage mit einer Einheit zur Erstellung einer Verbrauchsprognose verbunden sein, wobei diese Einheit bevorzugt einen Datenspeicher aufweist, der Daten über den historischen Verbrauch umfasst. Die Daten über den historischen Verbrauch können beispielsweise den Tagesverlauf, den Wochenverlauf, den Jahresverlauf und weitere Verläufe über den Strombedarf und/oder die Stromerzeugung umfassen. Die Daten über die Verbrauchsprognose können auch spezifische Änderungen berücksichtigen, die beispielsweise in einem Zugang oder einem Wegfall eines Großverbrauchers bestehen. Zusätzlich oder alternativ kann der Datenspeicher auch Daten über den historischen Verlauf von Strompreisen enthalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum flexiblen Einsatz von Strom wird in einer erfindungsgemäßen integrierten Anlage durchgeführt und aus der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz wird ein Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz eingespeist. Dabei wird die integrierte Anlage so betrieben, dass in Abhängigkeit vom Stromangebot die Menge und/oder die Zusammensetzung des in das Erdgasnetz eingespeisten Gasstroms verändert werden. Auf diese Weise kann die Menge an elektrischer Energie, die durch Erzeugen oder Modifizieren des in das Erdgasnetz eingespeisten Gases in Form chemischer Energie im Erdgasnetz gespeichert wird, eingestellt werden.

Bei dem Stromangebot kann sowohl ein Stromüberschuss als auch ein Stromunterschuss vorliegen. Ein Stromüberschuss ergibt sich, wenn zu einem Zeitpunkt mehr Strom aus erneuerbaren Energien bereitgestellt wird als zu diesem Zeitpunkt insgesamt an Strom verbraucht wird. Ein Stromüberschuss ergibt sich auch, wenn große Mengen an elektrischer Energie aus fluktuierenden erneuerbaren Energien bereitgestellt werden und das Drosseln oder Abschalten von Kraftwerken mit hohen Kosten verbunden ist. Ein Stromunterschuss ergibt sich, wenn vergleichsweise geringe Mengen an erneuerbaren Energien zur Verfügung stehen und ineffiziente oder mit hohen Kosten verbundene Kraftwerke betrieben werden müssen. Die hier beschriebenen Fälle Stromüberschuss und Stromunterschuss können sich auf verschiedene Weise erkennbar werden. Zum Beispiel können die Preise an den Strombörsen ein Indikator für die jeweilige Situation sein, wobei ein Stromüberschuss zu tieferen und ein Stromunterschuss zu höheren Strompreisen führt. Ein Stromüberschuss oder Stromunterschuss kann aber auch ohne unmittelbare Auswirkung auf den Strompreis vorliegen. Beispielsweise ist ein Stromüberschuss auch dann gegeben, wenn der Betreiber eines Windparks mehr Leistung produziert als er prognostiziert und verkauft hat. Analog kann ein Stromunterschuss vorliegen, wenn er weniger Leistung produziert als er prognostiziert hat. Erfindungsgemäß umfassen die Begriffe Stromüberschuss und Stromunterschuss alle diese Fälle.

In einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zum flexiblen Einsatz von Strom wird in einer erfindungsgemäßen integrierten Anlage die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin in Abhängigkeit vom Stromangebot betrieben, aus der Trennvorrichtung mindestens ein Gasstrom, enthaltend
5 Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt und aus der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz ein Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz eingespeist.

In dieser ersten Ausführungsform umfasst die Anlage zur elektrothermischen
10 Herstellung von Ethin vorzugsweise mehrere parallel angeordnete Lichtbogenreaktoren und in Abhängigkeit vom Stromangebot werden alle, nur ein Teil oder keiner der Lichtbogenreaktoren betrieben. Vorzugsweise werden die Lichtbogenreaktoren dazu unter konstanten, optimierten Reaktionsbedingungen betrieben und die Anpassung des Anlagenbetriebs an das Stromangebot erfolgt nur
15 durch Abschalten oder Inbetriebnehmen von Lichtbogenreaktoren. In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform werden einzelne oder alle Lichtbogenreaktoren mit variablen Durchsätzen und entsprechend variablem Stromverbrauch betrieben.

In einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zum flexiblen
20 Einsatz von Strom wird in einer erfindungsgemäßen integrierten Anlage, die eine Anlage zur Stromerzeugung umfasst, der aus der Trennvorrichtung über eine Leitung mindestens ein Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird, in Abhängigkeit vom Stromangebot das Mengenverhältnis zwischen Gas, das aus der Trennvorrichtung der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein
25 Erdgasnetz zugeführt wird und Gas, das aus der Trennvorrichtung der Anlage zur Stromerzeugung zugeführt wird, verändert und aus der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz ein Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz eingespeist.

Vorzugsweise wird in dieser Ausführungsform das Mengenverhältnis so verändert, dass bei einem höheren Stromangebot ein größerer Anteil des Gases in das Erdgasnetz eingespeist wird. Besonders bevorzugt wird bei einem mittleren Stromangebot das Gas aus der Trennvorrichtung ganz oder zum größten Teil, insbesondere zu mehr als 80 %, der Anlage zur Stromerzeugung zugeführt und bei einem hohen Stromangebot die Anlage zur Stromerzeugung außer Betrieb genommen und das Gas aus der Trennvorrichtung ganz oder zum größten Teil, insbesondere zu mehr als 80 %, in das Erdgasnetz eingespeist.

Die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht einen gleichmäßigen Betrieb der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin sowohl bei mittlerem als auch bei hohem Stromangebot, woraus sich eine hohe Anlagennutzung für diese Anlage ergibt. Durch die Verringerung der Stromerzeugung in der integrierten Anlage und die Einleitung von Gas in das Erdgasnetz kann bei einem hohen Stromangebot zusätzlich elektrische Energie eingesetzt und effektiv in Form von chemischer Energie im Erdgasnetz gespeichert werden.

In einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zum flexiblen Einsatz von Strom wird in einer erfindungsgemäßen integrierten Anlage, bei der die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin einen Lichtbogenreaktor umfasst, die aus dem Lichtbogenreaktor austretende Gasmischung zur Abkühlung mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Gas oder einer kohlenwasserstoffhaltigen Flüssigkeit versetzt, wobei die Art und/oder Menge des Gases und/oder der Flüssigkeit in Abhängigkeit vom Stromangebot verändert wird, aus dem dabei resultierenden Reaktionsgemisch in der Trennvorrichtung mindestens ein Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, abgetrennt und der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt und aus der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz ein Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz eingespeist.

- 20 -

Vorzugsweise wird in dieser Ausführungsform bei einem höheren Stromangebot die aus dem Lichtbogenreaktor austretende Gasmischung mit einer größeren Menge an kohlenwasserstoffhaltigem Gas oder Flüssigkeit versetzt oder die Art des Gases und/oder der Flüssigkeit so verändert, dass ein größerer Teil der Wärmeenergie der aus dem Lichtbogenreaktor austretenden Gasmischung zum endothermen Spalten von Bestandteilen des Gases und/oder der Flüssigkeit genutzt wird. Wie sich durch eine Veränderung der Zusammensetzung von kohlenwasserstoffhaltigem Gas oder Flüssigkeit der Anteil der zum endothermen Spalten genutzten Wärmeenergie beeinflussen lässt, ist dem Fachmann bekannt, beispielsweise aus Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Band 1, 2012 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, DOI: 10.1002/14356007.a01_097.pub4, Seiten 296 bis 303.

Die durch das endotherme Spalten erhaltenen Kohlenwasserstoffe können vollständig der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt werden. Alternativ kann nur ein Teil der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt werden und der Rest als Einsatzstoff zur Herstellung von Ethin der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin zugeführt werden.

Die Merkmale der zuvor beschriebenen ersten und der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können auch miteinander kombiniert verwendet werden. Vorzugsweise wird dann bei einem niedrigen Stromangebot die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin in Abhängigkeit vom Stromangebot betrieben und bei einem hohen Stromangebot das Mengenverhältnis zwischen Gas, das aus der Trennvorrichtung der Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt wird und Gas, das aus der Trennvorrichtung der Anlage zur Stromerzeugung zugeführt wird, verändert. Besonders bevorzugt umfasst das erfindungsgemäße Verfahren dabei die Schritte

- a) Festlegen eines ersten Schwellwerts und eines zweiten Schwellwerts für ein Stromangebot,
- b) Bestimmung des Stromangebots,

- c) Veränderung des Anteils an Gas, das aus der Trennvorrichtung der Anlage zur Stromerzeugung zugeführt wird, sowie der elektrischen Leistung der Anlage zur Stromerzeugung in Abhängigkeit vom Stromangebot, falls das Stromangebot den ersten Schwellwert überschreitet und Veränderung der Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin in Abhängigkeit vom Stromangebot, falls das Stromangebot den zweiten Schwellwert unterschreitet, und
- d) Wiederholen der Schritte b) und c).

Vorzugsweise werden die Schwellwerte abhängig vom aktuellen Füllstand des Speichers für Ethin oder abhängig von den Prognosen der Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung von Ethin in den nächsten Stunden festgelegt. Wenn beispielsweise der Füllstand des Speichers für Ethin auf einen niedrigen Wert sinkt, wird der Schwellwert, unterhalb dessen die Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin reduziert wird, auf einen niedrigeren Wert festgelegt.

Das Stromangebot kann entweder direkt durch Abstimmung mit Stromerzeugern und/oder Stromverbrauchern oder indirekt über Handelsplattformen und/oder durch OTC-Verfahren und einen dazugehörigen Strompreis ermittelt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Stromangebot durch Abstimmung mit Stromerzeugern aus Windenergie und/oder Solarenergie ermittelt. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Stromangebot über den Strompreis auf einer Handelsplattform ermittelt.

Wenn das Stromangebot durch Abstimmung mit Stromerzeugern aus Windenergie und/oder Solarenergie ermittelt wird, wird vorzugsweise bei Überschreiten des ersten Schwellwerts die elektrische Leistung der Anlage zur Stromerzeugung entsprechend dem Stromüberschuss geändert und bei Unterschreiten des zweiten Schwellwerts die Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin entsprechend dem Stromunterschuss geändert.

Wenn das Stromangebot über den Strompreis auf einer Handelsplattform ermittelt wird, wird vorzugsweise bei Überschreiten des ersten Schwellwerts die elektrische Leistung der Anlage zur Stromerzeugung auf einen vorherbestimmten niedrigeren Wert geändert und bei Unterschreiten des zweiten Schwellwerts die Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin auf einen vorherbestimmten niedrigeren Wert geändert.

Durch einen gemeinsamen Betrieb der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin und der Anlage zur Stromerzeugung bei einem mittleren Stromangebot können überraschend hohe Betriebszeiten beider Anlagen erzielt werden, so dass eine hohe Rentabilität der Anlage erreicht wird.

Ebenso können auch die Merkmale der zweiten und der dritten Ausführungsform miteinander kombiniert verwendet werden. Besonders vorteilhaft wird dazu eine integrierte Anlage eingesetzt, bei der die Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin einen Dampferzeuger umfasst, mit dem aus der Abwärme des elektrothermischen Verfahrens Dampf erzeugt wird und die Anlage zur Stromerzeugung eine Dampfturbine umfasst, die mit diesem Dampf angetrieben wird. Durch die Veränderung der Art und/oder Menge des Gases und/oder der Flüssigkeit, die zur Abkühlung der aus dem Lichtbogenreaktor austretenden Gasmischung verwendet wird, lässt sich dann einstellen, wie groß der Anteil der bei der elektrothermischen Herstellung von Ethin anfallenden Wärme ist, der unmittelbar in der Dampfturbine zur Stromerzeugung genutzt wird und wie groß der Anteil ist, der mit den Produkten der endothermen Spaltung in Form von chemischer Energie im Erdgasnetz gespeichert wird.

Schließlich können auch die Merkmale der ersten und der dritten Ausführungsform oder die Merkmale aller drei Ausführungsformen miteinander kombiniert verwendet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Speicher für

Wasserstoff und aus diesem Speicher wird Wasserstoff in eine Erdgasleitung einleitet, wobei die Menge des eingeleiteten Wasserstoffs in Abhängigkeit vom Gasfluss in der Erdgasleitung so eingestellt wird, dass der Wobbe-Index, der Brennwert oder die Dichte des Gases in der Erdgasleitung oder eine Kombination dieser Gaseigenschaften innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird. Das Einleiten des Wasserstoffs kann durch eine Messung dieser Gaseigenschaften in der Erdgasleitung nach dem Einleiten des in das Erdgasnetz einzuleitenden Gases geregelt werden.

Ebenso kann die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz auch einen Speicher für eine Gasmischung aus Wasserstoff und kohlenwasserstoffhaltigen Gasen umfassen und aus diesem Speicher die Gasmischung in eine Erdgasleitung eingeleitet werden, wobei die Menge der eingeleiteten Gasmischung in Abhängigkeit vom Gasfluss in der Erdgasleitung so eingestellt wird, dass der Wobbe-Index, der Brennwert oder die Dichte des Gases in der Erdgasleitung oder eine Kombination dieser Gaseigenschaften innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz getrennte Speicher für Wasserstoff und kohlenwasserstoffhaltige Gase und eine mit diesen Speichern verbundene Vorrichtung zum Mischen von Gasen. In der Vorrichtung zum Mischen von Gasen werden Wasserstoff und kohlenwasserstoffhaltige Gase gemischt, wobei das Mengenverhältnis so eingestellt wird, dass der Wobbe-Index, der Brennwert oder die Dichte der resultierenden Gasmischung oder eine Kombination dieser Gaseigenschaften innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird. Vorzugsweise werden als kohlenwasserstoffhaltige Gase Kohlenwasserstoffe mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen, insbesondere Ethan, Ethen, Propan, Propen, Butan und/oder Buten eingesetzt, die in der Trennvorrichtung zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin abgetrennt wurden. Die nach Einstellen der Gaseigenschaften resultierende

Gasmischung wird dann in das Erdgasnetz eingespeist. Vorzugsweise wird der Wobbe-Index der resultierenden Gasmischung so eingestellt, dass das Verhältnis des Wobbe-Indexes des in das Erdgasnetz eingespeisten Gases zum Wobbe-Index des Gases im Erdgasnetz im Bereich von 0,9:1 bis 1:0,9, besonders im Bereich von 0,95:1 bis 1:0,95 liegt.

Zur Absenkung des Wobbe-Index oder zur Einstellung anderer Kenngrößen auf den durch den Betreiber der Gasleitung vorgegebenen Wert können zusätzlich weitere Gase, wie Sauerstoff, Stickstoff und vorzugsweise Luft zugemischt werden im Rahmen der durch die gültigen Regelwerke gesetzten Grenzen.

- 10 In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Methanisierungsreaktor zur Umsetzung von Wasserstoff mit Kohlendioxid oder Kohlenmonoxid zu Methan, wobei aus der Trennvorrichtung ein Wasserstoff enthaltender Gasstrom dem Methanisierungsreaktor zugeführt wird und im
- 15 Methanisierungsreaktor erzeugtes Methan in das Erdgasnetz eingespeist wird. Durch die Umsetzung von Wasserstoff zu Methan lassen sich die Beschränkungen für die Einspeisung von Wasserstoff in ein Erdgasnetz vermeiden und das Gas auch in ein Erdgasnetz an einer Stelle mit einer geringen Gasströmung in der Erdgasleitung einspeisen.
- 20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Fischer-Tropsch-Reaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu Kohlenwasserstoffen, wobei aus der Trennvorrichtung ein Wasserstoff enthaltender Gasstrom dem Fischer-Tropsch-Reaktor zugeführt wird und im Fischer-Tropsch-
- 25 Reaktor erzeugte gasförmige Kohlenwasserstoffe in das Erdgasnetz eingespeist werden. Diese Ausführungsform lässt sich besonders vorteilhaft mit der in EP 0 133 982 A2 beschriebenen elektrothermischen Herstellung von Ethin aus Kohle und nachfolgenden Vergasung von Koks zu Synthesegas einsetzen. Das so erhaltene Synthesegas kann zusammen mit dem bei der elektrothermischen

Herstellung von Ethin gebildeten Wasserstoff als Einsatzstoff dem Fischer-Tropsch-Reaktor zugeführt werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Hydrierreaktor, wobei aus der Trennvorrichtung ein ungesättigte Kohlenwasserstoffe 5 enthaltender Gasstrom dem Hydrierreaktor zugeführt wird und im Hydrierreaktor erzeugte gesättigte Kohlenwasserstoffe in das Erdgasnetz eingespeist werden. Diese Ausführungsform lässt sich besonders vorteilhaft einsetzen wenn die elektrothermische Herstellung von Ethin in einem Lichtbogenreaktor durchführt wird, 10 die aus dem Lichtbogenreaktor austretende Gasmischung zur Abkühlung mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Gas oder einer kohlenwasserstoffhaltigen Flüssigkeit versetzt wird, wobei durch Cracken ungesättigte Kohlenwasserstoffe gebildet werden, aus dem resultierenden Gasgemisch ein Wasserstoff und ungesättigte Kohlenwasserstoffe enthaltender Gasstrom abgetrennt wird und dieser Gasstrom 15 dem Hydrierreaktor zugeführt wird. Durch das Hydrieren der ungesättigten Kohlenwasserstoffe in diesem Gasstrom lässt sich der Wasserstoffgehalt des Gasstroms ohne wesentlichen Energieverlust verringern und eine Gasmischung erhalten, die sich besser für eine Einspeisung in ein Erdgasnetz eignet.

Vorzugsweise bezieht bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Anlage zur 20 elektrothermischen Herstellung von Ethin Strom aus einem Gaskraftwerk, das mit Gas aus dem Erdgasnetz in Abhängigkeit vom Stromangebot betrieben wird. In dieser Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise die Schritte

- a) Festlegen eines ersten Schwellwerts und eines zweiten Schwellwerts für ein 25 Stromangebot,
- b) Bestimmung des Stromangebots,
- c) Veränderung der elektrischen Leistung des Gaskraftwerks in Abhängigkeit vom Stromangebot, falls das Stromangebot den ersten Schwellwert überschreitet und Veränderung der Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung

von Ethin in Abhängigkeit vom Stromangebot, falls das Stromangebot den zweiten Schwellwert unterschreitet, und

d) Wiederholen der Schritte b) und c).

Vorzugsweise werden die Schwellwerte abhängig vom aktuellen Füllstand des Speichers für Ethin oder abhängig von den Prognosen der Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung von Ethin in den nächsten Stunden festgelegt. Wenn beispielsweise der Füllstand des Speichers für Ethin auf einen niedrigen Wert sinkt, wird der Schwellwert, unterhalb dessen die Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin reduziert wird, auf einen niedrigeren Wert festgelegt.

Das Stromangebot kann entweder direkt durch Abstimmung mit Stromerzeugern und/oder Stromverbrauchern oder indirekt über Handelsplattformen und/oder durch OTC-Verfahren und einen dazugehörigen Strompreis ermittelt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Stromangebot durch Abstimmung mit Stromerzeugern aus Windenergie und/oder Solarenergie ermittelt. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Stromangebot über den Strompreis auf einer Handelsplattform ermittelt.

Die absolute Höhe des ersten Schwellwerts, ab dem eine Verringerung der Leistung der Anlage zur Stromerzeugung erfolgt, ist für diese Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens nicht wesentlich und kann anhand wirtschaftlicher Kriterien festgelegt werden. Gleiches gilt für den zweiten vorgegebenen Wert, unterhalb dessen eine Verringerung der Leistung der Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin erfolgt. Vorzugsweise werden der erste Schwellwert und der zweite Schwellwert gleich gewählt.

Vorzugsweise stammt bei einem hohen Stromangebot die zur Herstellung von Ethin eingesetzte elektrische Energie zumindest teilweise aus erneuerbaren Energien, besonders bevorzugt aus Windkraft und/oder Solarenergie. Allerdings ist festzuhalten, dass gemäß gegenwärtiger deutscher Rechtslage Strom, der durch

erneuerbare Energien gewonnen wurde, auch ohne aktuellen Bedarf in das Stromnetz eingespeist werden darf und vergütet werden muss. Konventionell erzeugter Strom kann deshalb zeitweise als „Überschuss“ vorliegen, da für einen Kraftwerksbetreiber ein Herunterfahren eines Kraftwerks unwirtschaftlicher sein kann als eine Abgabe von Strom unter dem Selbstkostenpreis. Diese durch den Weiterbetrieb von konventionellen Anlagen erhaltene überschüssige elektrische Energie kann durch das vorliegende Verfahren wirtschaftlich verwertet, insbesondere gespeichert werden.

Vorzugsweise wird das Stromangebot aus den Daten einer Wetterprognose vorausberechnet. Anhand des vorausberechneten Stromangebots werden dann vorzugsweise die oben genannten Schwellwerte für ein Stromangebot so gewählt, dass im Prognosezeitraum eine geplante Menge an Ethin produziert werden kann.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus der zuvor dargelegten Beschreibung einer integrierten Anlage gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die vorliegende integrierte Anlage sowie das Verfahren eignen sich zur Herstellung von Ethin auf eine sehr wirtschaftliche und ressourcenschonende Weise. Ethin kann in viele wertvolle Zwischenprodukte überführt werden, wobei hierdurch eine überraschende Reduktion des Kohlendioxidausstoßes erzielt werden kann.

Diese überraschende Reduktion basiert auf mehreren synergistisch wirkenden Faktoren. Hierzu gehört die Tatsache, dass zur Herstellung von Ethin Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt werden kann, wobei die Herstellung von Ethin sehr flexibel an ein Stromangebot angepasst werden kann. Weiterhin kann Wasserstoff bei einem sehr hohen Stromnutzungsgrad erhalten werden, welcher ohne Freisetzung von Kohlendioxid zur Erzeugung von elektrischer Energie eingesetzt werden kann. Weiterhin wird bei der Herstellung der wertvollen Folgeprodukte häufig Wärme freigesetzt. Diese Abwärme kann oftmals genutzt werden zur Deckung des Wärmebedarfs in anderen Prozessteilen (z.B. bei

destillativen Trennprozessen). Entsprechend reduziert sich der Kohlendioxidausstoß, wenn andernfalls eine Oxidation von Kohlenwasserstoffen zur Erzeugung der Prozesswärme notwendig wäre. Bei Ethin ist die spezifische Enthalpie höher als bei anderen üblichen Kohlenwasserstoffen, die alternativ zur Synthese der gleichen Endprodukte eingesetzt werden wie beispielsweise Ethylen oder Propylen. Somit kann im Allgemeinen bei der Umsetzung mehr Abwärme erzeugt und für andere Anwendungen genutzt werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass das erzeugte Ethin zur Herstellung von Aceton, Butandiol oder ungesättigten Verbindungen mit einem Molekulargewicht von mindestens 30 g/mol umgesetzt wird. Zu den ungesättigten Verbindungen mit einem Molekulargewicht von mindestens 30 g/mol zählen insbesondere Vinylether, vorzugsweise Methylvinylether oder Ethylvinylether; Vinylhalogenide, vorzugsweise Vinylchlorid; Acrylnitril; ungesättigte Alkohole, vorzugsweise Allylalkohol, Propargylalkohol, Butindiol und/oder Butendiol; Vinylacetylen; Acrylsäure und Acrylsäureester; Ester von Vinylalkohol, vorzugsweise Vinylacetat; Butadien und Buten.

Das erzeugte Ethin kann außerdem selektiv zu Ethen hydriert werden.

Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand von Figur 1 beispielhaft erläutert.

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau einer erfindungsgemäßen integrierten Anlage, die eine Anlage 1 zur elektrothermischen Herstellung von Ethin, eine Trennvorrichtung 2 zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch 3 der elektrothermischen Herstellung von Ethin, sowie eine Vorrichtung 4 zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz 5 umfasst.

In der Anlage 1 zur elektrothermischen Herstellung von Ethin wird aus einem kohlenwasserstoffhaltigen Ausgangsmaterial, das über eine Leitung oder ein Förderorgan 14 zugeführt wird, Ethin erzeugt. Als kohlenwasserstoffhaltiges Ausgangsmaterial eignen sich Erdgas und niedrigere Kohlenwasserstoffe,

insbesondere C₂-C₄-Kohlenwasserstoffe. Alternativ kann als Ausgangsmaterial aber auch Kohle eingesetzt werden, deren flüchtige Bestandteile zu Ethin umgesetzt werden. Für die elektrothermische Herstellung von Ethin wird über eine Stromleitung 15 elektrischer Strom aus einem Stromnetz 16 bezogen. Die elektrothermische Herstellung von Ethin erfolgt vorzugsweise in einem Lichtbogenreaktor (nicht gezeigt).

Das bei der elektrothermischen Herstellung von Ethin erhaltene Reaktionsgemisch 3 wird einer Trennvorrichtung 2 zugeführt, in der Ethin aus dem Reaktionsgemisch abgetrennt und über eine Leitung 17 als Produkt erhalten wird. Bei der Abtrennung von Ethin werden Wasserstoff und von Ethin verschiedene Kohlenwasserstoffe, sowie weitere Komponenten, wie Ruß und schwefelhaltige Verbindungen, abgetrennt. Wasserstoff und von Ethin verschiedene Kohlenwasserstoffe können in der Trennvorrichtung in Form eines Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe enthaltenden Gasstroms erhalten werden. Vorzugsweise wird jedoch eine teilweise oder vollständige Trennung von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen durchgeführt und ein wasserstoffreicher Gasstrom über eine Leitung 6 sowie ein kohlenwasserstoffreicher Gasstrom über eine Leitung 7 getrennt der Vorrichtung 4 zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt.

Aus der Vorrichtung 4 zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz wird über eine Verbindungsleitung 18 ein Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe enthaltendes Gas in ein Erdgasnetz 5 eingeleitet. In der in Figur 1 gezeigten bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 4 zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zusätzlich einen Speicher 8 für Wasserstoff, einen Speicher 9 für ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas und eine Vorrichtung 10 zum Mischen von Gas, mit der Wasserstoff, kohlenwasserstoffhaltiges Gas und gegebenenfalls weitere Gase gemischt werden können, sodass ein Gasstrom mit einer gezielt eingestellten Zusammensetzung über die Verbindungsleitung 18 in das Erdgasnetz 5 eingeleitet werden kann.

- 30 -

In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform umfasst die integrierte Anlage außerdem eine Anlage 11 zur Stromerzeugung, der aus der Trennvorrichtung 2 über eine Leitung 12 ein Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird. In der Anlage 11 zur Stromerzeugung wird aus den Gasen Strom erzeugt. Dies kann über einen Verbrennungsprozess erfolgen, vorzugsweise in einem Gas-und-Dampf-Kraftwerk, in dem Strom mit Gas- und Dampfturbinen erzeugt wird. Alternativ können aber auch Brennstoffzellen zur Stromerzeugung aus Wasserstoff und/oder kohlenwasserstoffhaltigem Gas eingesetzt werden. Der in der Anlage 11 zur Stromerzeugung erzeugte Strom kann über die Stromleitungen 19 und 15 der Anlage 1 zur elektrothermischen Herstellung von Ethin zugeführt und zur elektrothermischen Herstellung von Ethin genutzt werden. Der in der Anlage 11 zur Stromerzeugung erzeugte Strom kann alternativ aber auch in das Stromnetz 16 eingespeist werden, insbesondere wenn die Anlage 1 zur elektrothermischen Herstellung von Ethin außer Betrieb ist oder weniger Strom verbraucht als in der Anlage 11 zur Stromerzeugung erzeugt wird.

Alternativ zu der Zuführung von Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffen aus der Trennvorrichtung 2 über die Leitung 12 können Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe auch aus den Speichern 8 und/oder 9 der Vorrichtung 4 zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz der Anlage 11 zur Stromerzeugung zugeführt werden. Der Anlage 11 zur Stromerzeugung kann außerdem weiterer Brennstoff über eine in Figur 1 nicht gezeigte Vorrichtung zugeführt werden.

In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform umfasst die integrierte Anlage zusätzlich einen Dampferzeuger (nicht gezeigt) in der Anlage 1 zur elektrothermischen Herstellung von Ethin, eine Dampfturbine (nicht gezeigt) in der Anlage 11 zur Stromerzeugung, sowie eine Dampfleitung 13, mit der in dem Dampferzeuger erzeugter Dampf der Dampfturbine zugeführt wird.

Bezugszeichenliste:

- 1 Anlage zur elektrothermischen Herstellung von Ethin
- 2 Trennvorrichtung zur Abtrennung von Ethin

- 31 -

- 3 Reaktionsgemisch der elektrothermischen Herstellung von Ethin
- 4 Vorrichtung zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz
- 5 Erdgasnetz
- 6 Leitung für einen Wasserstoff enthaltenden Gasstrom
- 5 7 Leitung für einen Kohlenwasserstoffe enthaltenden Gasstrom
- 8 Speicher für Wasserstoff
- 9 Speicher für ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas
- 10 Vorrichtung zum Mischen von Gasen
- 11 Anlage zur Stromerzeugung
- 10 12 Leitung für einen Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe
- 13 Dampfleitung
- 14 Leitung oder Förderorgan für kohlenwasserstoffhaltiges Ausgangsmaterial
- 15 Stromleitung
- 15 16 Stromnetz
- 17 Leitung für Ethin
- 18 Verbindungsleitung in das Erdgasnetz
- 19 Stromleitung

Patentansprüche:

1. Integrierte Anlage, umfassend eine Anlage (1) zur elektrothermischen Herstellung von Ethin und eine Trennvorrichtung (2) zur Abtrennung von Ethin aus dem Reaktionsgemisch (3) der elektrothermischen Herstellung von Ethin
5 unter Erhalt mindestens eines Gasstroms enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierte Anlage eine Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz (5) aufweist, der aus der Trennvorrichtung (2) über mindestens eine Leitung (6, 7) ein Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird.
- 10 2. Integrierte Anlage gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz mindestens einen Speicher (8) für Wasserstoff umfasst.
3. Integrierte Anlage gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz mindestens einen
15 Speicher (9) für ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas umfasst.
4. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz eine Vorrichtung (10) zum Mischen von Gasen umfasst.
5. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Methanisierungsreaktor zur Umsetzung von Wasserstoff mit Kohlendioxid oder Kohlenmonoxid zu Methan umfasst.
6. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
25 gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Fischer-Tropsch-Reaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu Kohlenwasserstoffen umfasst.

7. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Hydrierreaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und ungesättigten Kohlenwasserstoffen zu gesättigten Kohlenwasserstoffen umfasst.
8. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich eine Anlage (11) zur Stromerzeugung umfasst, der aus der Trennvorrichtung (2) über eine Leitung (12) mindestens ein Gasstrom enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe zugeführt wird.
9. Integrierte Anlage gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (1) zur elektrothermischen Herstellung von Ethin einen Dampferzeuger umfasst, mit dem aus der Abwärme des elektrothermischen Verfahrens Dampf erzeugt wird, die Anlage (11) zur Stromerzeugung eine Vorrichtung umfasst, in der Strom aus Dampf erzeugt wird, und die integrierte Anlage eine Dampfleitung (13) umfasst, mit der in dem Dampferzeuger erzeugter Dampf der Vorrichtung, in der Strom aus Dampf erzeugt wird, zugeführt wird.
10. Integrierte Anlage gemäß Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (11) zur Stromerzeugung ein Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk ist.
11. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einer Wetterprognose-Einheit verbunden ist.
12. Integrierte Anlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (1) zur elektrothermischen Herstellung von Ethin einen Lichtbogenreaktor umfasst.
13. Verfahren zum flexiblen Einsatz von Strom, dadurch gekennzeichnet, dass man in einer integrierten Anlage gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 eine elektrothermische Herstellung von Ethin durchführt, aus der Vorrichtung zur

Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz einspeist und in Abhängigkeit vom Stromangebot die Menge und/oder die Zusammensetzung des in das Erdgasnetz eingespeisten Gasstroms verändert.

- 5 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass man in einer integrierten Anlage gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 die Anlage (1) zur elektrothermischen Herstellung von Ethin in Abhängigkeit vom Stromangebot betreibt, aus der Trennvorrichtung (2) mindestens einen Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, der Vorrichtung (4) zur Einleitung
10 eines Gases in ein Erdgasnetz zuführt und aus der Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz (5) einspeist.
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass man in einer integrierten Anlage gemäß einem der Ansprüche 8 bis 12 eine elektrothermische Herstellung von Ethin durchführt, in Abhängigkeit vom Stromangebot das Mengenverhältnis zwischen Gas, das aus der Trennvorrichtung (2) der Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zugeführt wird und Gas, das aus der Trennvorrichtung (2) der Anlage (11) zur Stromerzeugung zugeführt wird, verändert und aus der
20 Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz (5) einspeist.
- 25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass man in einer integrierten Anlage gemäß Anspruch 12 eine elektrothermische Herstellung von Ethin in einem Lichtbogenreaktor durchführt, die aus dem Lichtbogenreaktor austretende Gasmischung zur Abkühlung mit einem kohlenwasserstoffhaltigen Gas oder einer kohlenwasserstoffhaltigen Flüssigkeit versetzt, wobei die Art und/oder Menge des Gases und/oder der Flüssigkeit in Abhängigkeit vom Stromangebot verändert wird, aus dem dabei resultierenden

Reaktionsgemisch in der Trennvorrichtung (2) mindestens einen Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, abtrennt und der Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz zuführt und aus der Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen
5 Gasstrom, enthaltend Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe, in ein Erdgasnetz (5) einspeist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Speicher (8) für Wasserstoff umfasst und man aus diesem Speicher Wasserstoff in eine
10 Erdgasleitung einleitet, wobei die Menge des eingeleiteten Wasserstoffs in Abhängigkeit vom Gasfluss in der Erdgasleitung so eingestellt wird, dass der Wobbe-Index, der Brennwert oder die Dichte des Gases in der Erdgasleitung oder eine Kombination dieser Gaseigenschaften innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz getrennte Speicher (8, 9) für Wasserstoff und kohlenwasserstoffhaltige Gase und eine mit diesen Speichern verbundene Vorrichtung (10) zum Mischen von Gasen
15 umfasst und man in der Vorrichtung (10) zum Mischen von Gasen Wasserstoff und kohlenwasserstoffhaltige Gase mischt, wobei das Mengenverhältnis so eingestellt wird, dass der Wobbe-Index, der Brennwert oder die Dichte der resultierenden Gasmischung oder eine Kombination dieser Gaseigenschaften innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen
25 Methanisierungsreaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlendioxid zu Methan umfasst, aus der Trennvorrichtung (2) ein Wasserstoff enthaltender Gasstrom dem Methanisierungsreaktor zugeführt wird und im

Methanisierungsreaktor erzeugtes Methan in das Erdgasnetz (5) eingespeist wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Fischer-Tropsch-Reaktor zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu Kohlenwasserstoffen umfasst, aus der Trennvorrichtung (2) ein Wasserstoff enthaltender Gasstrom dem Fischer-Tropsch-Reaktor zugeführt wird und im Fischer-Tropsch-Reaktor erzeugte gasförmige Kohlenwasserstoffe in das Erdgasnetz (5) eingespeist werden.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (4) zur Einleitung eines Gases in ein Erdgasnetz einen Hydrierreaktor umfasst, aus der Trennvorrichtung (2) ein ungesättigte Kohlenwasserstoffe enthaltender Gasstrom dem Hydrierreaktor zugeführt wird und im Hydrierreaktor erzeugte gesättigte Kohlenwasserstoffe in das Erdgasnetz (5) eingespeist werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Stromangebot aus den Daten einer Wetterprognose vorausberechnet wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (1) zur elektrothermischen Herstellung von Ethin Strom aus einem Gaskraftwerk bezieht, das mit Gas aus dem Erdgasnetz (5) in Abhängigkeit vom Stromangebot betrieben wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, umfassend die Schritte
- Festlegen eines ersten Schwellwerts und eines zweiten Schwellwerts für ein Stromangebot,
 - Bestimmung des Stromangebots,
 - Veränderung der elektrischen Leistung des Gaskraftwerks in Abhängigkeit vom Stromangebot, falls das Stromangebot den ersten Schwellwert überschreitet und Veränderung der Leistung der Anlage (1) zur

- 37 -

elektrothermischen Herstellung von Ethin in Abhängigkeit vom Stromangebot, falls das Stromangebot den zweiten Schwellwert unterschreitet, und

d) Wiederholen der Schritte b) und c).

- 5 25. Verfahren gemäß Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schwellwert und der zweite Schwellwert gleich sind.