

---

# **Allgemeine Studie zur Eignung von gasbetriebenen Anlagen zur Notstromversorgung in hochverfügbaren Rechenzentren**

**INNIO Jenbacher**

Mai 2021

erstellt im Auftrag der TÜV Informationstechnik GmbH (TÜViT)

Inhaltsverzeichnis

<b>Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung der Evaluierung</b>	<b>3</b>
<b>Festlegung der Eigenschaften am Beispiel von Diesel-Notstromaggregaten</b>	<b>4</b>
Allgemeines	4
Frequenzstabilität	4
Spannungsstabilität	4
Antriebsaggregate	5
Dieselmotoren	5
Zuschaltleistung	6
Ausführungsklasse	7
Gasbetriebene Verbrennungsmotoren (als Netzersatzanlage)	8
Ergebnisse der Überprüfung der Anforderungen an Notstromaggregate und Vergleichbarkeit mit Dieselaggregaten	9
Sachverhalt	9
Startverhalten	10
Lastzu- bzw. -abschaltung	11
Spannungs- und Frequenzstabilität im stationären Betrieb	12
Verfügbarkeit	13
<b>Erfüllung der Anforderungen des TSI-Kriterienkataloges TSI.STANDARD V4.3</b>	<b>15</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>16</b>
<b>Unterlagen</b>	<b>17</b>

## **Aufgabenstellung**

Wir wurden über die TÜViT beauftragt, eine Vorstudie zur Eignung von gasbetriebenen Anlagen zur Notstromversorgung in hochverfügbaren Rechenzentren zu erstellen. Dabei sollten folgende Punkte bearbeitet werden:

- Festlegung der gewünschten Eigenschaften der Anlagen (Spannungsqualität, Frequenzstabilität, Lastwechselverhalten, Startverhalten, Kurzschlussstromverhalten, etc.) in Anlehnung an die Eigenschaften der Dieselaggregate
- Identifizierung der Grundlagen (z.B. EN 50160, ISO 8528, DIN 6280 etc.) und Überprüfung auf Einhaltung
- Identifizierung von Kompensationsforderungen im Versorgungskonzept, um ggf. Defizite zu beherrschen
- Verfügbarkeitsaussage und Einschätzung der Risiken zu der Gasversorgung in Deutschland und abhängig davon die Fragestellung einer örtlichen Bevorratung
- Einstufung gemäß der festgestellten Verfügbarkeiten und Risiken in die TSI-Verfügbarkeitsklassen Level 1-4

Hierzu wurden uns von INNIO Jenbacher diverse Unterlagen sowie eine Präsentation mit einer HALT- (Highly Accelerated Life Testing) Auswertung einer 480 V/60 Hz-Variante des Notstromaggregats mit dem vorgesehenen Redundanzkonzept für Rechenzentren /U 1/ eingereicht.

Laut Angabe von INNIO Jenbacher entspricht das dynamische Verhalten der 480V/60Hz-Variante mit Getriebe /U 10/ dem dynamischen Verhalten einer 50Hz Variante mit Mittelspannungsgenerator /U 11/. Der Antriebsmotor ist identisch und das Massenträgheitsmoment der beiden Varianten ist ebenfalls identisch im Bereich von 260 kgm<sup>2</sup>.

## **Zusammenfassung der Evaluierung**

Die von INNIO Jenbacher beauftragte Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die von Jenbacher vorgestellten gasbetriebenen Aggregate die grundsätzlichen Vorschriften des TSI-Katalogs erfüllen können und somit Dieselmotoren mittleren Aufladegrads gleichzusetzen sind. Diesbezügliche noch bestehende Unterschiede zu Dieselaggregaten werden in den folgenden Seiten im Detail aufgeführt.

## **Festlegung der Eigenschaften am Beispiel von Diesel-Notstromaggregaten**

### **Allgemeines**

Bei der Auslegung von Stromerzeugungsaggregaten sind einige Besonderheiten zu beachten, die bei ausschließlicher Versorgung durch das öffentliche Netz nicht bzw. nicht in diesem Ausmaß in Erscheinung treten. Nachfolgend werden die wesentlichen charakteristischen Größen Frequenz und Spannung verglichen.

### **Frequenzstabilität**

Im Verbundbetrieb herrscht durch die Vielzahl von einspeisenden Kraftwerken eine außerordentlich hohe Frequenzstabilität, sowohl im stationären Betrieb als auch bei großen Laständerungen. So hat beispielsweise das Europäische Verbundnetz (UCTE) derzeit eine Frequenzkonstanz von ca.  $\pm 100$  mHz. Perspektivisch wird sich die Stabilität im Verbundnetz in Europa jedoch durch den steigenden Anteil fluktuierender Erzeugung verschlechtern. Durch den Verbundbetrieb teilen sich Laständerungen auf viele einspeisende Kraftwerke auf und bedeuten für die einzelne Einheit nur eine geringe Änderung. Motoren für Stromerzeugungsaggregate sind im Inselbetrieb - bezogen auf ihre Bemessungsleistung - wesentlich größeren Laständerungen ausgesetzt. Dies führt insbesondere bei Motoren, die zur Leistungssteigerung mit Abgasturboladern versehen sind, zu erheblichen Frequenzänderungen.

### **Spannungsstabilität**

Im Verbundbetrieb wird durch die hohe Kurzschlussleistung, die in Nieder- und Mittelspannungsnetzen überwiegend durch den Innenwiderstand der Transformatoren bestimmt wird, eine gute Spannungs Konstanz gewährleistet. Übliche Verteiltransformatoren haben Kurzschlussleistungen, die dem 16 - 25fachen ihrer Nennleistung entsprechen. Laständerungen bis zur Bemessungsleistung der Transformatoren verursachen dauerhafte Spannungsfälle bis maximal 6 % Nennspannung.

Generatoren von Stromerzeugungsaggregaten liefern je nach Verwendungszweck Kurzschlussleistungen, die zwischen dem 5 - 8fachen ihrer Bemessungsleistung liegen. Die Höhe dieser Kurzschlussleistung ist zudem zeitlich nicht konstant, sondern nimmt innerhalb weniger 100 ms erheblich ab (2 - 3fache Bemessungsleistung). Laständerungen bis zur Bemessungsleistung der Generatoren verursachen transiente Spannungsfälle bis zu 20 %,

die normalerweise innerhalb weniger Sekunden durch den Spannungsregler kompensiert werden.

Die Wechselwirkung zwischen Frequenzänderung und Spannungsfall führt bei frequenzabhängigen Lasten,  $\cos \varphi \neq 1$ , (z. B. ohmsch-induktiv) zu Laständerungen während der Ausregelung und stellt hohe Anforderungen an das Regelsystem.

### **Antriebsaggregate**

Zur Erzeugung der mechanischen Antriebsleistung für den Generator werden überwiegend Dieselmotoren und Gas-Ottomotoren eingesetzt. Dieselmotoren finden überwiegend als Notstromaggregate Anwendung, vorwiegend in dem stationären Dauerbetrieb für Strom- und Wärmeerzeugung, aber ebenso in systemkritischen Anwendungen zur Energieversorgung von Krankenhäusern, Flughäfen und Industrieanlagen. Aufgrund des vorwiegenden Einsatzes als Dauerläufer werden Gasmotoren diesbezüglich meist auf eine höhere Dauerlast als vergleichbare Diesellaggregate ausgelegt. Auch der Einsatz im Netzparallelbetrieb verlangt höhere Anforderungen an die Gasmotorenaggregate in Bezug auf Einhaltung diverser länderspezifischer Netzanschlusskriterien (z.B. Grid Codes). Wesentliche Auslegungskriterien sind:

- ⇒ Dauerleistung;
- ⇒ maximale Zuschaltleistung in einer Stufe;
- ⇒ Wirkungsgrad (Dauerbetrieb);
- ⇒ Leistungsübernahmezeit (Notstrom);
- ⇒ Kraftstoffversorgung.

### **Dieselmotoren**

Dieselmotoren werden heute üblicherweise mit Abgasturboladern ausgerüstet. Je nach Aufladegrad ist eine Leistungssteigerung um bis zu 100 % möglich. Da die Wirkung des Turboladers vom Abgasvolumenstrom abhängig ist, kann auf einen leerlaufenden aufgeladenen Motor nur diejenige Leistung aufgeschaltet werden, die er ohne Turbolader hat (Saugmotorleistung). Werden größere Leistungen zugeschaltet, kann der Motor bis zum Stillstand abgebremst werden. Man spricht dann vom sogenannten "Turboloch". Muss die betrieblich notwendige Leistung in einer Stufe zugeschaltet werden, muss der aufgeladene Motor überdimensioniert werden und zwar um den Faktor, den der Turbolader zur Leistungssteigerung

beiträgt. Es hat sich eingebürgert, dass die Motorenhersteller eine Lastzuschaltung in mehreren Stufen gewährleisten, die in 60 % - 40 % (geringer Aufladegrad) oder in 45 % - 30 % - 25 % (mittlerer Aufladegrad) Abstufungen ablaufen. Bei hohen Aufladegraden ( $p_{me} > 18 \text{ bar}$ ) kann eine Lastzuschaltung in mehr als drei Stufen erforderlich sein. Als Maß für den Aufladegrad gilt der mittlere effektive Kolbendruck  $p_{me}$ .

Die erforderliche Wellenleistung des Antriebsmotors errechnet sich aus Verbraucherleistung, Verbraucherleistungsfaktor und Generatorwirkungsgrad nach der Beziehung:

$$P_{Welle} = \frac{S \times \cos \varphi}{\eta}$$

Für die Motorleistung gilt der folgende Zusammenhang:

$$P_{Motor} = \frac{V_h \times Z \times p_{me} \times n}{1200}$$

mit: $P_{Motor}$	Motorleistung [kW]
$V_h$	Hubvolumen pro Zylinder [ $\text{dm}^3$ ]
$Z$	Zylinderzahl [-]
$p_{me}$	mittlerer effektiver Kolbendruck [bar]
$n$	Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]
$\eta$	Wirkungsgrad

## Zuschaltleistung

Als Zuschaltleistung wird die Leistung bezeichnet, die auf das Aggregat in einer Stufe aufgeschaltet werden kann, ohne dass die vereinbarten Betriebsgrenzwerte hinsichtlich transienter Frequenz-/ Spannungsabweichung sowie deren Ausregelzeiten überschritten werden. Als Abschaltleistung gilt die Leistung, die abgeschaltet werden kann, ohne dass die vereinbarten Betriebswerte überschritten werden, wobei immer 100 % Abschaltleistung mit Überschreitung der Grenzwerte ohne Schäden für die Anlage möglich sein muss. Hierbei ist insbesondere die Einhaltung der maximalen Überdrehzahl zu beachten, da Generatoren üblicherweise nur für 20 % Überdrehzahl ausgelegt werden. Entscheidend für den Nachweis der maximalen Zuschaltleistung des Aggregates ist die Art der zuzuschaltenden Leistung. Lastzuschaltungen mit nur ohmscher Belastung geben keine Auskunft über das Regelverhalten des Generators. Da Stromerzeugungsaggregate in den allermeisten Fällen ein Verbrauchernetz mit ohmsch-induktiver Verbrauchercharakteristik versorgen, ist der Nachweis der Lastannahme immer mit dem Bemessungsleistungsfaktor des Aggregates durchzuführen.

ren. Hierdurch werden die Wechselwirkungen zwischen Drehzahlregler und Spannungsregler besser nachgewiesen als bei rein ohmscher Last. Durch die induktive Komponente der Last ergibt sich bei Frequenzeinbrüchen ein steigender Laststrom, der das Erregersystem des Generators wesentlich stärker belastet, als dies bei nur ohmscher Belastung der Fall ist.

### Ausführungsklasse

In ISO 8528-5 /U 6/ sind vier Ausführungsklassen, G1 bis G4 definiert, in denen Betriebsgrenzwerte hinsichtlich Spannungs- und Frequenzverhalten aufgeführt sind.

- G1: geringe Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten (Beleuchtung, einfache Antriebe);
- G2: Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten entsprechen weitgehend dem öffentlichen Netz (haustechnische Einrichtungen, Lüfter, Aufzüge);
- G3: höhere Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten und an die Kurvenform (Fernmeldeeinrichtungen, Datenverarbeitungsanlagen);
- G4: höchste Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten und an die Kurvenform (Sonderanwendungen);

Benennung	G1	G2	G3	G4
Statische Frequenzabweichung	± 8 %	± 5 %	± 3 %	Wert nach Vereinbarung
Statische Spannungsabweichung	± 5 %	± 2,5 %	± 1 %	Wert nach Vereinbarung
Spannungsausregelzeit	10 s	6 s	4s	
Dynamische Frequenzabweichung	± 18 Hz	± 12 Hz	± 10 Hz	Wert nach Vereinbarung
Dynamische Spannungsabweichung	+35 / -25 %	+25 / -20 %	+20 / -15 %	Wert nach Vereinbarung
Frequenzausregelzeit	10 s	5 s	3 s	Wert nach Vereinbarung

**Gasbetriebene Verbrennungsmotoren (als Netzersatzanlage)**

Für die Auslegung von gasbetriebenen Verbrennungsmotoren bzw. Blockheizkraftwerken kann DIN 6280-14, Ausgabe 1997-08 /U 7/ herangezogen werden, wobei die dort gemachten Aussagen auch für Mittelspannungsgeneratoren bzw. für mittelspannungsseitige Verknüpfungspunkte mit dem öffentlichen Netz zutreffen.

Werden hierbei als Antriebsmaschinen Gas-Otto-Motoren eingesetzt, so muss gewährleistet sein, dass während einer Störung der allgemeinen Stromversorgung und damit der Versorgung der an die Sicherheitsstromversorgung angeschlossenen Verbraucher eine von der allgemeinen Stromversorgung unabhängige Weiterversorgung der Kraftstoffzufuhr für die geforderte Überbrückungszeit nach DIN 6280-13 Abschnitt 2.3 /U 8/ vorhanden ist. Geeignete Maßnahmen können z. B. sein:

- Versorgung erfolgt weiterhin aus dem öffentlichen Gas-Netz. Aus Sicherheitsgründen ist mit den zuständigen Gasversorgungsunternehmen und dem öffentlichen Brandschutzsachverständigen die Notwendigkeit eines separaten Gas-Hausanschlusses zu prüfen. Vom Gasversorgungsunternehmen ist außerdem zu bescheinigen, dass die Gasversorgung vollkommen unabhängig von der allgemeinen Stromversorgung arbeitet.
- Bereitstellung von Gasreserven aus einem lokalen Speicher (z. B. Erdgas oder Propangas über 2. Regelstrecke) auf die automatisch umgeschaltet wird.
- Verwendung von Diesel-Gas-Motoren, die bei Ausfall der betriebsmäßigen Gasversorgung auf Dieseldieselkraftstoffbetrieb umgeschaltet werden.

Bei Verwendung von Gas-Otto-Motoren nach DIN 6280-13 /U 8/ müssen in Bezug auf die dort beschriebenen Merkmale die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

**a) Verfügbarkeit**

- die Starteinrichtung muss netzunabhängig arbeiten;
- die zulässigen Umschaltzeiten sind einzuhalten;
- die betriebsnotwendigen Leistungsaufschaltungen bezogen auf die gesamte Verbraucherleistung (Verbraucher der notwendigen Sicherheitseinrichtungen und betriebstechnisch wichtigen Verbraucher) müssen möglich sein;



- die Stromquelle für die Verbraucher der Sicherheitsstromversorgung muss unabhängig vom momentanen Bedarf an thermischer Energie uneingeschränkt zur Verfügung stehen.
- b) Einzuhalten sind die Betriebsgrenzwerte unter anderem
  - Spannungs- und Frequenzverhalten im statischen und dynamischen Betrieb;
  - Schiefastverhalten;
  - Oberschwingungsgehalt;
  - Funkstörgrad.
- c) Bei geringerem Wärmebedarf der Verbraucher muss die gesicherte Kühlung des Hubkolben-Verbrennungsmotors bzw. Abfuhr der erzeugten/anfallenden Wärme sichergestellt sein (z. B. über zusätzlich vorhandene Notkühler mit entsprechenden Umschalteneinrichtungen).
- d) Wiederkehrende Prüfung, Wartung: Ziel der wiederkehrenden Prüfung ist die Erkennung passiver Fehler. Folglich sind diejenigen sicherheitsrelevanten Baugruppen in die wiederkehrende Prüfung einzubeziehen, deren Funktion nicht durch den BHKW-Betrieb ständig überprüft wird. Im Allgemeinen sind das:
  - Notkühleinrichtungen;
  - sicherheitsrelevante redundante Baugruppen.

## **Ergebnisse der Überprüfung der Anforderungen an Notstromaggregate und Vergleichbarkeit mit Dieselaggregaten**

### **Sachverhalt**

Von INNIO Jenbacher wurden diverse Berichte zum Verhalten des J620J701 Gasmotor stellvertretend für die Schnellstartvarianten mit der neuen Version der Steuerung DIANE RPS 4.10 für den optimierten Inselnetzbetrieb bereitgestellt. Diese sollen zu den Punkten Spannungsqualität, Frequenzstabilität, Lastwechselverhalten und Startverhalten eine Vergleichbarkeit zu Dieselaggregaten nachweisen. In den folgenden Kapiteln wird diesbezüg-

KON.04.01.003.68.

Mai 2021

lich auf das Startverhalten, Lastzu- bzw. Abschaltungen, Spannungs- und Frequenzstabilität, die Verfügbarkeit sowie die Erfüllung der Anforderungen anhand des TÜV IT TSI-Katalogs näher eingegangen.

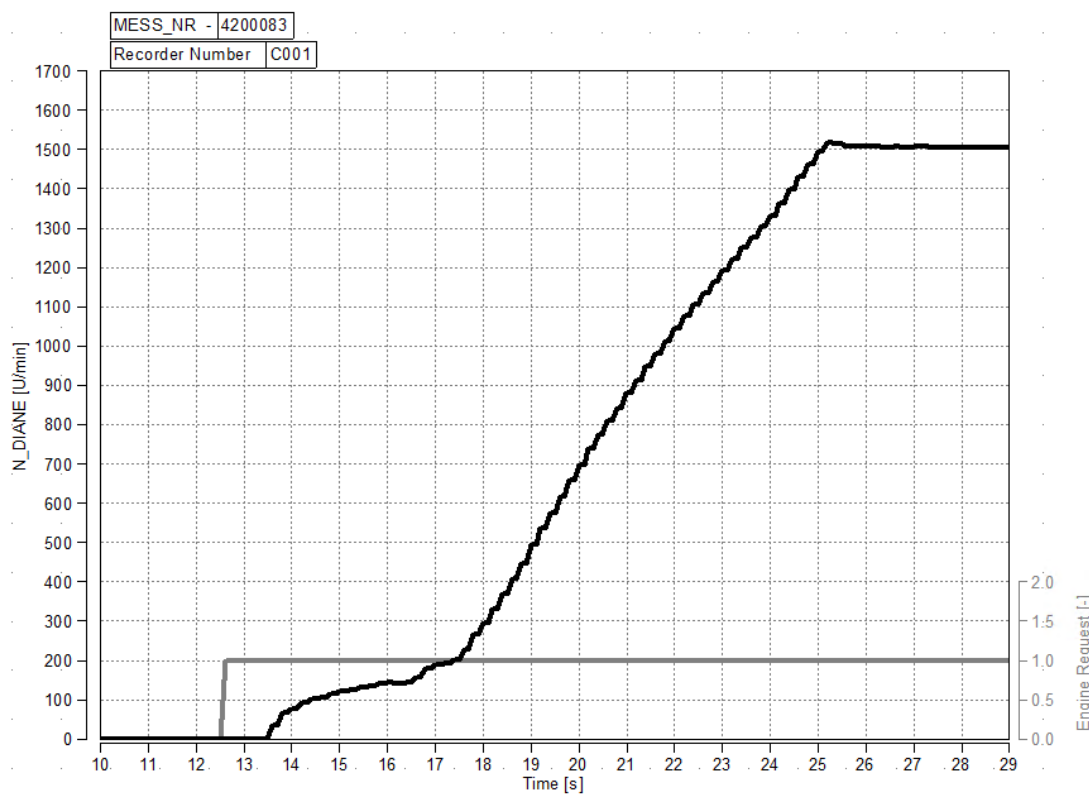
## Startverhalten

Bezüglich des Startverhaltens wurde ein Vermessungsbericht (Test report (TEC) No: B3260 /U 9/) seitens INNIO Jenbacher vorgelegt.

Als Bewertungskriterium ziehen wir hierzu die VDE 0100-710 /U 5/ heran, welche die Versorgung der Notstromverbraucher innerhalb von 15 s durch eine Stromversorgung für Sicherheitszwecke fordert.

Im Zuge der Produktvalidierung wurden am Motorprüfstand automatisiert 247 Testzyklen gefahren. Bei allen Starts betrug die Zeit von Motoranforderung bis zum Schließen des Generatorschalters  $t < 15$ s.

Das folgende Diagramm zeigt beispielhaft einen Drehzahlhochlauf mit vorgewärmtem Motor



/U 1/.

Abbildung 1: Drehzahlhochlauf mit vorgewärmtem Motor

Somit ist das Startverhalten vergleichbar mit aktuellen Dieselmotoren und liegt innerhalb der Anforderungen der VDE 0100-710 /U 5/ und der DIN 6280-13 /U 8/ Punkt a).

### Lastzu- bzw. -abschaltung

Bezüglich der Lastzu- bzw. -abschaltung wurden von INNIO Jenbacher diverse Tests gefahren. Im Rahmen der Produktvalidierung wurde das Motorverhalten am Typ J620 J701 bis zu einer 100% Lastaufschaltung bzw. bei einem 100% Lastabwurf vermessen.

Die folgende Abbildung zeigt Last, Motordrehzahl und Generatorspannung bei einer 100% Lastaufschaltung bzw. bei einem 100% Lastabwurf. Die Prozent-Angaben für die Last, die Drehzahl und die Spannung beziehen sich auf:

- Nennlast von 3.15MW
- Nenndrehzahl von 1500rpm
- Nennspannung von 480V

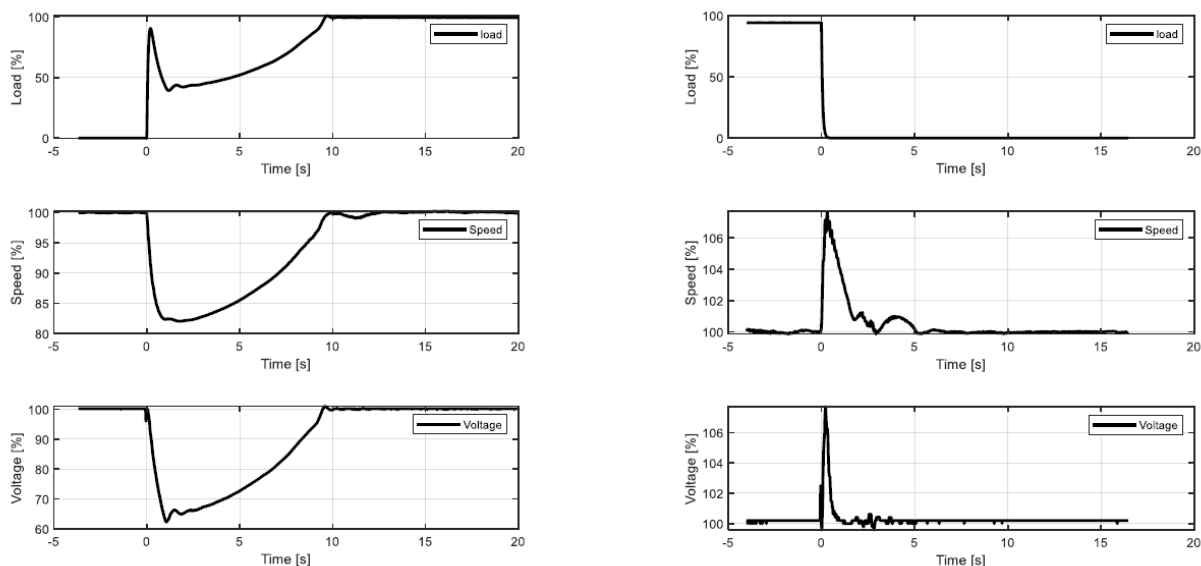


Abbildung 2: Drehzahl und Spannung bei maximaler Lastzu- und -abschaltung /U 9/

Wie man den Diagrammen entnehmen kann, ist sogar eine Zuschaltung von 100% Last möglich. Dabei werden dann allerdings die Anforderungen der ISO 8528-5 /U 6/ in Bezug

auf Spannungs-, Frequenzabweichung und Ausregelzeit nicht mehr eingehalten. Entscheidend ist jedoch, dass die 100% Lastübernahme überhaupt möglich ist. Folgende Zuschaltungen sind unter Einhaltung der Grenzwerte für Spannung und Frequenz mit dem Motortyp J620 J701 möglich:

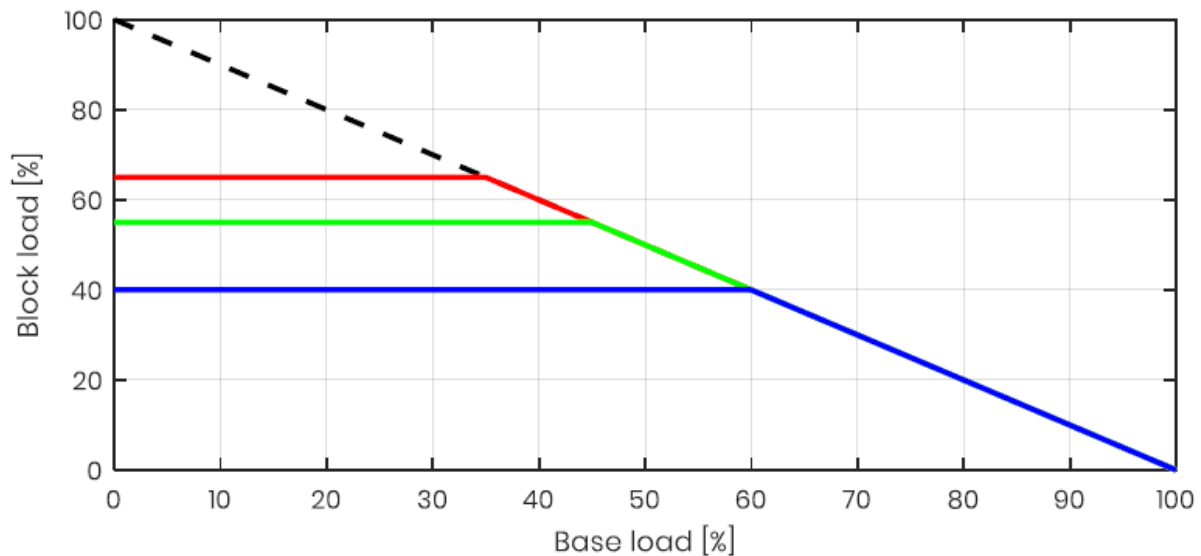


Abbildung 3: mögliche Lastzuschaltungen bei Einhaltung der Grenzwerte (rot: G1, grün: G2, blau: G3) /U 1/

Diese ist vergleichbar mit aktuellen Dieselaggregaten mit mittlerem Aufladegrad, welche die Mehrheit der eingesetzten Aggregate stellen. Somit spricht von Seiten der Lastzuschaltung nichts gegen den Einsatz von Gasmotoren. Sogar bei Versagen einer gestaffelten Zuschaltung läuft das Aggregat weiter, allerdings werden kurzfristig die Grenzwerte verletzt.

### Spannungs- und Frequenzstabilität im stationären Betrieb

Zu Spannungs- und Frequenzstabilität im stationären Bereich wurden auch diverse Messungen durchgeführt. Im folgenden Diagramm ist wieder die Vermessung für den Typ J620 J701 zu sehen. Die Anforderungen gemäß Klasse G3 aus der ISO 8528-5 /U 6/ werden eingehalten.

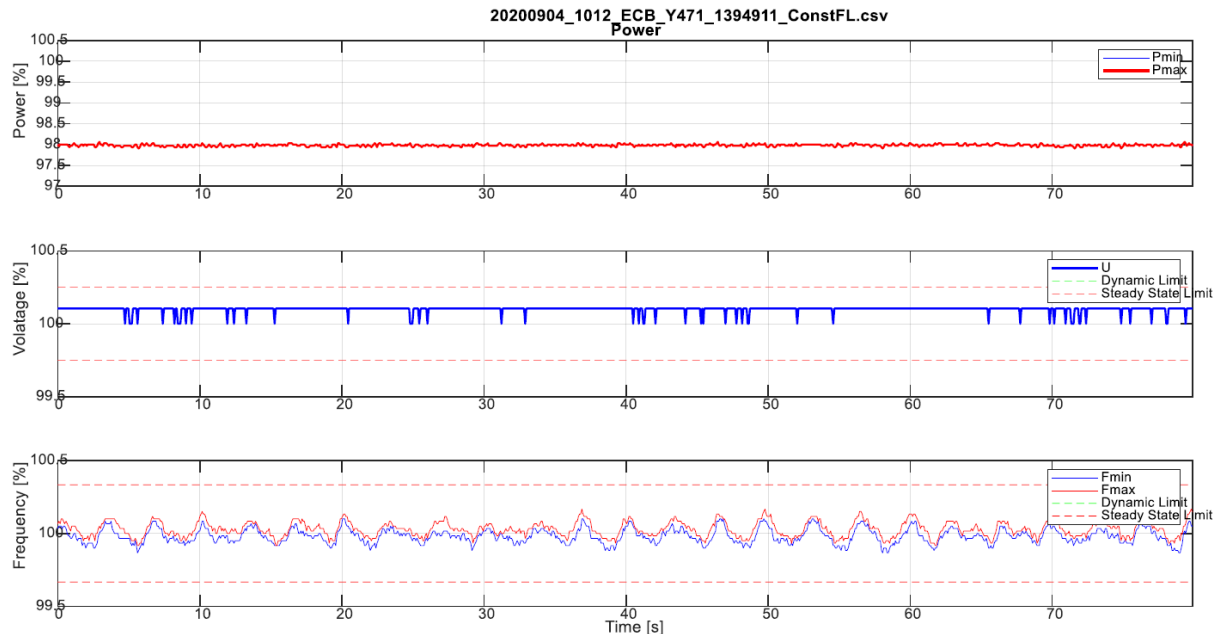


Abbildung 4: Spannung und Frequenz bei stationärem Betrieb /U 1/

Die Anforderungen der DIN 6280-13 /U 8/ aus Punkt b) werden somit erfüllt.

## Verfügbarkeit

Gemäß HALT-Auswertung /U 1/ wurden 247 Zyklen zur Simulation verschiedener Einsatzfälle durchgeführt. In jedem Zyklus wurde eine gestaffelte Lastübernahme mit sogenanntem pre heated start getestet, bei welchem der Gasmotor innerhalb von 43 s auf eine Zwischenstufe bei 2250 kW gesteuert wird und dort 10 Minuten lang betrieben wird, bevor er die Volllast (3000 kW) 50 Minuten lang übernimmt. Zu jedem Zyklus gehörte auch eine 30-minütige Stromversorgung bei einer auf ein 1/3 reduzierten Leistung. Zudem wurden bei jedem Zyklus verschiedene sogenannte hot load profiles simuliert, bei welchen größere Leistungswechsel simuliert wurden. Insgesamt wurden 3 Ausfälle verzeichnet. Als Redundanzkonzept wurde eine sogenannte 4 in a Colo-Kombination dargelegt, bei welcher 4 Gasmotoren bereitgestellt werden und 3 davon ausreichend für die Leistungsübernahme sind (3v4-Redundanz). Bei der ermittelten Ausfallrate würde dieses Redundanzkonzept eine Zuverlässigkeit von 99,9% erreichen.

Als Bewertungsmaßstab für die Verfügbarkeit des gesamten Notstromversorgungssystems haben wir die Verfügbarkeitsanforderungen an Rechenzentren des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik /U 2/ herangezogen. Für die Verfügbarkeit der Gasversorgung in Deutschland haben wir die Auswertung der Bundesnetzagentur SADI /U 3/ herangezogen.

Im Ergebnisbericht über die Zuverlässigkeitstests für das Notstromaggregat /U 1/ werden die Ursachen für die einzelnen Ausfälle nicht ausgewiesen. Damit lässt sich lediglich eine Gesamtzuverlässigkeit des Notstromaggregats ermitteln. Um die Zuverlässigkeit der Notstromversorgung zu bestimmen, ist zusätzlich die Zuverlässigkeit der Gasversorgung zu berücksichtigen. Gemäß der Bundesnetzagentur ist bei der Gasversorgung in Deutschland im langjährigen Durchschnitt eine Unverfügbarkeit von maximal 1,5 Minuten pro Jahr zu erwarten /U 3/. Unter der Annahme, dass das von INNIO dargelegte Redundanzkonzept /U 1/ außer für die Gasmotoren auch für die Lüftungsanlage, die Signalüberwachung und die Leistungsschalter eine 3v4 Redundanz vorsieht (dies war bei dem vorliegenden Systemtest der Fall, da es sich um ein Containeraggregat handelte, welches sowohl Lüftung und Betriebs-/Notkühlung, als auch Leistungsschalter beinhaltet), erhalten wir aus einer eigenen Rechnung für dieses System eine Verfügbarkeit von 99,91%. Damit bestätigen wir die diesbezüglichen Angaben von INNIO.

Zur Bestimmung der Gesamtzuverlässigkeit der Stromversorgung ist zusätzlich die Verfügbarkeit der Standard-Stromversorgung berücksichtigt worden. Hierfür weist die Bundesnetzagentur im langjährigen Durchschnitt eine Unverfügbarkeit von maximal 15,2 Minuten pro Jahr aus (Mittelspannung) /U 4/. Damit würde das untersuchte Notstromaggregat mit Gasmotor der INNIO selbst ohne Berücksichtigung einer redundanten Aufstellung mit einer Verfügbarkeit von 99,99 % den Standard Höchstverfügbar erreichen, entsprechend der Verfügbarkeitsklasse VK4 gemäß BSI (< 6 Minuten) /U 2/. Dabei handelt es sich um eine so kleine rechnerische Unverfügbarkeit, dass sie der gleichen Größenordnung der Startzeit des Gasmotors entspricht (< 1 Minute), also innerhalb der technischen Grenze für die Stromversorgung mit einem Verbrennungsmotor.

Bei geringerem Wärmebedarf der Verbraucher muss die gesicherte Kühlung des Hubkolben-Verbrennungsmotors bzw. Abfuhr der erzeugten/anfallenden Wärme sichergestellt sein (z. B. über zusätzlich vorhandene Kühler mit entsprechenden Umschalteneinrichtungen), um die Anforderungen der DIN 6280-13 /U 8/, wie oben unter Punkt c) aufgeführt, einzuhalten. Dies wird bei den meisten Projekten laut Aussage von INNIO durch einen Notkühler umgesetzt, ist aber projektspezifisch und bei Verwendung als Notstromaggregat einzuhalten.

**Bei Einsatz von Gasmotoren ist bei Verwendung als Notstromaggregat ein Notkühler vorzusehen. /AV-1/**

Die Starteinrichtung der Motoren ist netzunabhängig, die zulässigen Umschaltzeiten werden wie oben beschrieben eingehalten, die betriebsnotwendigen Leistungsaufschaltungen bezogen auf die gesamte Verbraucherleistung (Verbraucher der notwendigen Sicherheitseinrichtungen und betriebstechnisch wichtigen Verbraucher) sind bei korrekter Dimensionierung möglich. Somit werden alle Anforderungen der DIN 6280-13 /U 8/ aus Punkt a) erfüllt.

KON.04.01.003.68.

Mai 2021

Um die Anforderungen der DIN 6280-13 /U 8/ aus Punkt d) zu erfüllen, sind durch den Betreiber wiederkehrende Prüfungen derjenigen sicherheitsrelevanten Baugruppen vorzusehen, deren Funktion nicht durch den BHKW-Betrieb ständig überprüft werden bzw., falls es sich um einen Einsatz eines Gas-Otto-Motors als reines Notstromaggregat handelt, eine wiederkehrende Prüfung des Gesamt Aggregats.

**Bei Einsatz von Gasmotoren sind bei Verwendung als Notstromaggregat durch den Betreiber wiederkehrende Prüfungen vorzusehen. /AV-2/**

### **Erfüllung der Anforderungen des TSI-Kriterienkataloges TSI.STANDARD V4.3**

POW01.02 (Level 2-4) Die Stromversorgung erfolgt über Primär- und Sekundärquellen

Die Sekundärversorgung (hier lokale Netzersatzanlage) ist unabhängig von der Primärenergieversorgung (hier Netzversorgung). Hier müssen Versorgungskomponenten unabhängig voneinander sein, z.B. darf die Gasversorgung für die Netzersatzanlage nicht durch einen Ausfall der Netzversorgung zum Erliegen kommen.

Wie bereits oben bewertet, ist die Gasversorgung im Allgemeinen unabhängig von der Stromversorgung womit das Kriterium erfüllt werden kann, spezifisch ist dies anhand der Projektunterlagen zu prüfen.

POW01.04 (Level 3-4) Sekundärversorgung

Die automatische Lastübernahme bei Netzausfall und Lastrückgabe ist in der Steuerung der Gasmotoren mit integriert und somit wird das Kriterium erfüllt. Das Aggregat kann bei der unterbrechungsfreien Rückschaltung im Netzparallelbetrieb arbeiten, sodass eine unterbrechungsfreie Rückschaltung möglich wird.

Die Motoren sind für den Dauerbetrieb ausgelegt und unterliegen somit keinen zeitlichen Einschränkungen bezüglich des Einsatzes. Es müssen Aggregate mit den Leistungsklassen PRP oder COP eingesetzt werden.

POW01.05 Anbindung der Sekundärversorgung

Die Sekundärversorgung kann zu jeder Zeit zu 100% die Last übernehmen. Die Regelgüte (Ausführungsstufe G3 gemäß IEC 8528-5 bzw. Anwendungsbereich 2 gemäß DIN 6280-13 bzw. entsprechende Nachweise zur Einhaltung der darin enthaltenen Grenzwerte) werden bei Lastzuschaltung und Lastabwurf gemäß Abb. 3 eingehalten.

KON.04.01.003.68.

Mai 2021

**POW10.05 (Level 2-4) NEA: Tankreserve für mindestens 48 h**

Wie bereits im Abschnitt Verfügbarkeit erläutert, ist die Versorgungssicherheit der Gasversorgung in Deutschland sehr hoch und stellt mit einer Unverfügbarkeit von 1,5 Minuten pro Jahr keine Einschränkung da. Somit kann entsprechend der oben angestellten Ausfallsbetrachtung davon ausgegangen werden, dass bei Anschluss an das deutsche Gasnetz die Anforderungen dieses Kriteriums eingehalten werden.

**POW10.06 (Level 2-4) NEA: Tankanlage**

Bis zum Anforderungslevel 3 bzw. B sind die Anforderungen dieses Kriteriums eingehalten. Für den Anforderungslevel 4 bzw. C müssten zwei voneinander unabhängige Gasversorgungen existieren, vorstellbar wäre hier ein Speicher sowie ein Anschluss ans Gasnetz. Dies ist bei der Planung zu berücksichtigen. Die Anschlüsse müssen einen Nenndruck entsprechend den Vorgaben des Herstellers sowie separate Gasanschlussräume und eine getrennte Führung der Leitungen sowie jeweils eine eigene Sicherheitsleittechnik aufweisen. Eine komplette räumliche und steuerungstechnische Trennung ist hier zwingend erforderlich. Die Anlage sollte so aufgebaut werden, dass jeweils ein Gasmotor und eine Gasversorgung eine Redundanz bilden.

**POW 10.07 (Level 2-4) NEA: Regelmäßige Funktionskontrolle**

Wie schon weiter oben beschrieben, sind durch den Betreiber wiederkehrende Prüfungen vorzusehen. Somit wird das Kriterium dann eingehalten.

**Zusammenfassung**

Die Gasmotoren von INNIO Jenbacher erfüllen bei Beachtung der untenstehenden Auflagen sowie bei korrekter Dimensionierung bezüglich der Leistungsanforderungen des Rechenzentrums die oben aufgeführten Anforderungen der DIN 6280-13, DIN 6280-14, IEC 8528-5 und IEC 60364-7-710 sowie des TSI-Kataloges der TÜV-IT. Das deutsche Gasnetz stellt keine Einschränkung der Verfügbarkeit dar, somit kann auf eine örtliche Bevorratung bis zum Anforderungslevel B bzw. 3 des TSI-Kataloges verzichtet werden.



KON.04.01.003.68.

Mai 2021

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG  
Leiter Steuerungs- und  
Sicherheitsleittechnik

Senior Engineer Steuerungs- und  
Sicherheitsleittechnik

C. Heinemann

F. Richter

### Auflagen

- /AV-1/ Bei Einsatz von Gasmotoren ist bei Verwendung als Notstromaggregat ein Notkühler vorzusehen.
- /AV-2/ Bei Einsatz von Gasmotoren sind bei Verwendung als Notstromaggregat durch den Betreiber wiederkehrende Prüfungen vorzusehen.

### Unterlagen

- /U 1/ Jenbacher – Innio Initial PVR CYS06 Natural Gas Generators 04.12.2019 PowerPoint Präsentation 2020\_11\_05 Reliability Assessment
- /U 2/ Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik HV-Kompendium V. 1.6 – Band G – Einführung1 2013
- /U 3/ Bundesnetzagentur Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Gas SAIDI 2019
- /U 4/ Bundesnetzagentur Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Strom SAIDI 2019
- /U 5/ VDE 0100-710  
2012-10-01  
Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Medizinisch genutzte Bereiche (IEC 60364-7-710:2002, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-710:2012

KON.04.01.003.68.

Mai 2021

- /U 6/ ISO 8528-5  
2018-10  
Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotor - Teil 5: Stromerzeugungsaggregate
- /U 7/ DIN 6280-14  
1997-08-01  
Stromerzeugungsaggregate - Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren - Teil 14: Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren; Grundlagen, Anforderungen, Komponenten, Ausführung und Wartung
- /U 8/ DIN 6280-13  
1994-12-01  
Stromerzeugungsaggregate - Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren - Teil 13: Für Sicherheitsstromversorgung in Krankenhäusern und in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen
- /U 9/ Jenbacher – INNIO  
Test report (TEC) No. B3260  
J420-J620 J-701  
18-11-2020
- /U 10/ Jenbacher  
Technical Description  
Cogeneration Unit JMS 620 GS-N.L.  
TÜV J620 J701  
TS\_JMS 620 J701 480V 60Hz\_TÜV Workshop.docx  
09.11.2020/CS (968F)
- /U 11/ Jenbacher  
Technical Description  
Cogeneration Unit JMS 620 GS-N.L.  
TÜV J620 J701  
TS\_JMS 620 J701 10,5 kV 50Hz\_TÜV Workshop\_r2.docx  
09.11.2020/SM (13CD)