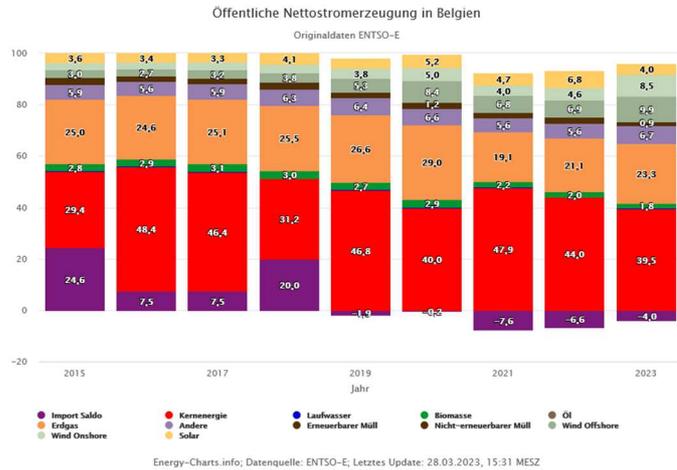


Anlage 2:

Prüfung der Versorgungssicherheit bei planmäßiger Abschaltung der Reaktoren Tihange 1 und Doel 1 & 2

Autor: Robert Borsch-Laaks, Sachverständiger für physikalische Technik, Aachen

Belgien war in seiner Stromversorgung über lange Zeit in hohem Maße abhängig von Stromerzeugung durch die ehemals sieben Reaktoren an den Standorten Doel und Tihange. Deshalb fanden auch schon in der Vergangenheit öffentliche Diskussionen über die Versorgungssicherheit statt, wenn einige oder fast alle Reaktoren aufgrund von Störfällen und anderen technischen Gründen nicht zur Verfügung standen. Solche lehrreiche Situationen sind seit 2015 durch die Daten von ENTSO- E öffentlich dokumentiert.

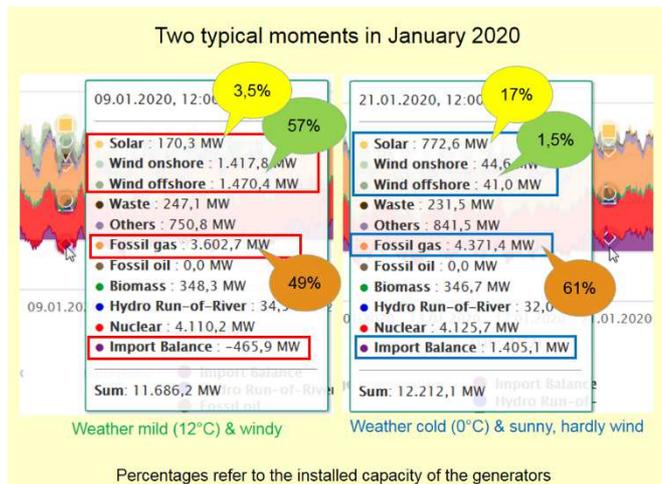
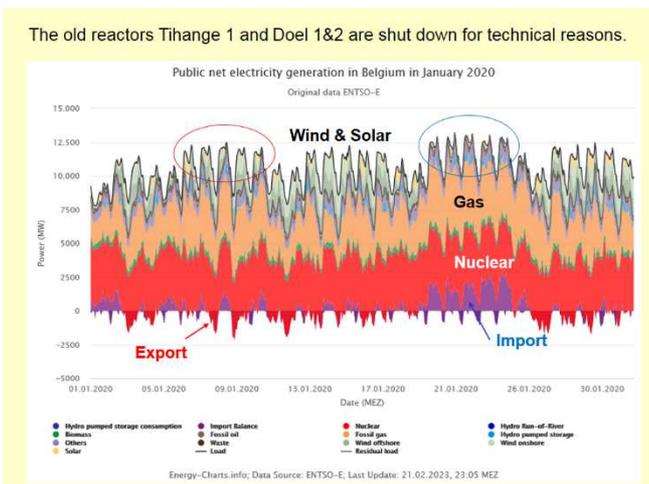


Deshalb stehen diese Quellen im Zentrum der folgenden Recherche mit dem Ziel, aus dem Versorgungsmanagement bei erfolgreich überstandenen Mangelsituationen zu lernen. Es gilt zu prüfen, ob z.B. während der Zeit, wenn die Reaktoren Doel 4 und Tihange 3 für deren geplante Laufzeitverlängerung aufgrund eines längeren sicherheitstechnischen Upgrades für die Stromerzeugung ausfallen.

1. Recherche zur realen Versorgungssicherheit ohne die Altreaktoren

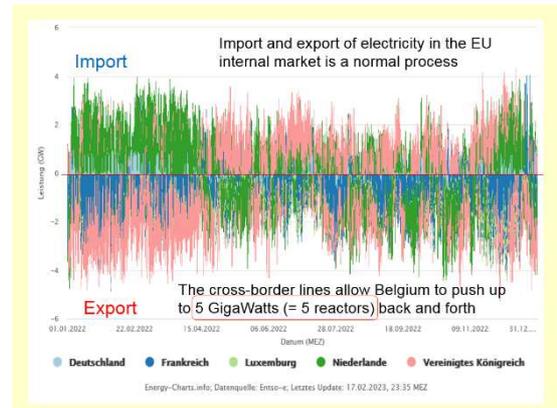
Im Jahr 2020 waren alle 3 Altreaktoren von Anfang Januar bis Ende Mai aus technischen Gründen abgeschaltet. In dieser Zeit wurde genau mit den Maßnahmen die Versorgungssicherheit hergestellt, die das EuGH- Urteil am Beispiel Doel 1 & 2 für deren Weiterbetrieb während der EIA fordert (s. Anlage 1):

- ➔ Erstens durch „Alternativen“ - das seit 2015 deutlich gewachsene Angebot erneuerbarer Energiequellen und die Erhöhung der Volllaststunden der vorhandenen Gaskraftwerke – und
- ➔ zweitens durch Stromimport aus dem „Binnenmarkt“.



Die obenstehenden Abbildungen zeigen für den üblicherweise kritischsten Monat Januar zeigen, dass nicht nur der Ausfall der beklagten Reaktoren in Doel sondern auch von Tihange 1 abgedeckt, ohne dass es zu Versorgungsproblemen kam. Das volatile Angebot der Erneuerbaren Energien wird weitgehend durch den Grad der Auslastung der gasversorgten Regelkraftwerke ausgeglichen. Den Rest regeln Import und Export über die Landesgrenzen.

Belgien ist relativ zu seinem Bedarf an elektrischer Leistung hervorragend mit allen seinen Nachbarstaaten vernetzt. Zuletzt kam die ALEGrO HGÜ Leitung von Deutschland im Jahr 2020 hinzu.



Die Praxis zeigt, dass über die Ländergrenzen Belgiens immer wieder 4 bis 5 Gigawatt importiert oder exportiert werden. Dies ist mehr als die derzeit noch laufenden nuklearen Kraftwerke maximal leisten, wenn sie alle mit Volllast laufen.

Diese Betrachtung macht klar, dass Belgien durchaus der Forderung des EuGH Urteils, primär die Chancen der Alternativen und des Binnenmarktes zu nutzen, ohne weiteres hätte befolgen können, ohne dass es zu Versorgungsengpässen gekommen wäre.

2. Der worst case Herbst 2018

Für die Frage, ob die „Alternativen“ und der „Binnenmarkt“ auch dann, wenn die Altreaktoren im Laufe des Jahres 2025 planmäßig stillgelegt werden, noch in der Lage sind die Versorgung sicherzustellen, haben wir die Situation im Herbst 2018 analysiert, als fast alle damaligen Reaktoren nicht verfügbar waren. In dieser Zeit war vom 12.10. bis 13.11. mit Doel 3 nur ein Reaktor in Betrieb. Unmittelbar anschließend (bis Mitte Dezember) kam Tihange 1 wieder dazu. Es entstand also eine Situation, wie sie auch 2026 eintreten könnte, wenn ggf. nur noch T 3 und/oder D 4 in Betrieb wären (s. Tabelle 1).

Table 1: 2018	Nuclear		Gas			Renewables		Import	
	Energy	Mean power	Energy	Mean power	Percent of full load	Energy	Mean power	Energy	Mean power
	GWh	GW				GWh	GW		
Calendar weeks									
42	171	1,0	601	3,6	55%	151	0,9	580	3,5
43	172	1,0	712	4,2	65%	266	1,6	424	2,5
44	172	1,0	758	4,5	69%	247	1,5	349	2,1
47	336	2,0	750	4,5	68%	224	1,3	338	2,0
48	335	2,0	645	3,8	59%	328	2,0	312	1,9
49	336	2,0	468	2,8	43%	355	2,1	453	2,7
Special days									
29. Okt	25	1,0	112	4,7	71%	42	1,8	49	2,0
30. Okt	25	1,0	118	4,9	75%	47	2,0	50	2,1
21. Nov	48	2,0	116	4,8	74%	26	1,1	54	2,3
22. Nov	48	2,0	116	4,8	74%	20	0,8	62	2,6
Notice: The total conventional power is about 1 GW higher by other sources									

Die Tabelle zeigt, dass in dieser Zeit im Wesentlichen die Gaskraftwerke durch eine Auslastung bis zu 75% der damals verfügbaren installierten Leistung (6,6 GW) die Erzeugungslücken durch fehlende nukleare Erzeugung geschlossen haben. Je nach Regelleistung der Gasanlagen und den Schwankungen des Angebots der Erneuerbaren wurden zwischen 2 – 3,5 GW aus dem Binnenmarkt importiert.

3. Die Bilanz 2022

Die erfreuliche Entwicklung beim Ausbau der erneuerbaren Energien - vor allem durch die Off-Shore Windturbinen und die im Verhältnis dazu passende Steigerung der PV- Leistung - hat im letzten dokumentierten Wintermonaten 2022/2023 dazu geführt, dass von diesen Energiequellen im Monatsmittel eine Leistung von 2 bis 3 GW zur Verfügung gestellt werden konnte. Das ist deutlich mehr als in dem Vergleichszeitraum 2018 in der Tabelle 1.

Im Jahr 2022 war Belgien überwiegend ein Stromexportland. Trotz einer sehr geringen Auslastung der Gaskraftwerke, die weniger Strom erzeugten als die Erneuerbaren, lieferten die noch weitgehend aktiven nuklearen Anlagen einen nicht nennenswert regelbaren Überschuss.

Table 2 Winter 2022/2023	Renewables	
	Energy	Mean power
	GWh	GW
Oct 22	1.750	2,4
Nov 22	1.930	2,7
Dec 22	1.570	2,1
Jan 23	2.160	2,9
Feb 23	1.610	2,4

Table 3 Year 2022	Nuclear		Gas			Renewables		Import	
	Energy	Mean power	Energy	Mean power	Share of installed	Energy	Mean power	Energy	Mean power
	GWh	GW	GWh	GW	power	GWh	GW	GWh	GW
Quarter 1	11.700	5,4	4.880	2,3	33%	5.064	2,3	-1.350	-0,6
Quarter 2	10.250	4,7	3.810	1,7	25%	5.360	2,5	-680	-0,3
Quarter 3	9.640	4,4	5.930	2,7	39%	4.800	2,2	-2.190	-1,0
Quarter 4	10.100	4,6	5.405	2,4	35%	5.244	2,4	-2.050	-0,9

4. Last- und Erzeugungsmanagement in der Zukunft

Es gibt zwei Wege, um die weitere Reduzierung der nuklearen Stromerzeugung ohne Sorgen über die Versorgungssicherheit voranzutreiben.

➔ Weiterer zügiger Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen.

In diesem Punkt wäre Belgien gut beraten, die geplanten Off-Shore Cluster Noordhinder und Fairybank zu beschleunigen und die Ausschreibungen zügig auf den Weg zu bringen.

Der Ausbau der Solarstromerzeugung, dessen Trend derzeit eher dem „High“ als dem „Central“ Szenario der ELIA Studie folgt [ELIA (Fig. 2-21), sollte weiter gefördert werden. Ziel sollte sein, das „Sommerloch“ bei der Windenergienutzung weiterhin optimal füllen zu können.

Bei der Onshore-Windenergie scheint - aus dem Vergleich mit Deutschland - noch großes Entwicklungspotential zu liegen. Hier wäre durch Vereinfachung der Genehmigungsverfahren sicher noch eine deutliche Steigerung möglich.

➔ Ausbau der Gasverstromung als Brückentechnologie

Belgien hat bereits ein großes Arsenal an Erdgas-Kraftwerken, das schon in der Vergangenheit zu Zeiten geringer nuklearer Stromerzeugung gezeigt hat, dass hierdurch ein Großteil des Mangels

ausgeglichen werden konnte. Ein weiterer Ausbau mit hocheffizienten GuD Anlagen, die auch mit hohen Volllaststunden betrieben werden können, ist empfehlenswert.

Ob dies allerdings in dem Umfang erfolgen muss wie die ELIA Studie fordert (3,9 GW), erscheint dem Autor zweifelhaft. Besser wäre mit einem Bündel von Maßnahmen die Effizienz der Stromnutzung bei den privaten und gewerblichen Verbrauchern zu verbessern und damit den Bedarf dieser fossilen Quelle zu senken.

5. Szenarien für 2026: Die Jahresbilanz

Auf Basis der öffentlich zugänglichen Daten von ENTSO-E kommen wir zu folgenden Ergebnissen der jährlichen öffentlichen Stromerzeugung und dem Austausch über die grenzüberschreitenden Netzverbindungen. Zunächst vergleichen wir die Stromproduktion der Jahre 2018 und 2022, um Tendenzen in der Entwicklung für Szenarien in 2026 zu bestimmen.

Im Jahr 2018 erreichte die nukleare Erzeugung nur 58% Volllaststunden bezogen auf die installierte Leistung, infolge diverser Reparaturarbeiten (Summe 27 TWh). Die Gaskraftwerke und die erneuerbaren Energiequellen lieferten zusammen 46 TWh. Der Fehlbedarf (17,5 TWh) wurde durch Stromimport geliefert, was einer mittleren Leistung von 2 GW entsprach.

Im Jahr 2022 betrug die nukleare Erzeugung 42 TWh bei 82% der potentiellen Leistung von 6,9 GW. Die Gasverstromung lieferten nur etwa 1/3 ihrer möglichen Leistung (20 TWh). Bemerkenswert ist der Ausbau der regenerativen Stromerzeugung im Verlauf der vier Jahre. Sowohl die installierte Leistung als auch die Erzeugung stiegen um etwa 50%. Unterm Strich hatte Belgien in diesem Jahr einen Exportüberschuss von knapp 7 TWh, was einer mittleren Dauerleistung von 0,7 GW entspricht.

Table 4 Scenario Years	Nuclear		Percent of full load	Gas		Percent of full load	Renewable Energy		Import balance	Mean Power
	GW	TWh	%	GW	TWh	%	GW	TWh	TWh	GW
2018	5,9	27,3	54%	6,6	22,3	39%	8,3	13,8	17,5	2,0
2022	5,9	41,7	82%	6,9	20,0	34%	13,0	20,4	-6,3	-0,7
2026 A	2,1	9,1	50%	6,9	37,4	63%	20,3	30,2	5,8	0,7
2026 B	0	0	0%	8,2	47,5	67%	20,3	30,2	4,8	0,5
2026 C	0	0	0%	8,2	47,5	67%	22,3	33,2	1,8	0,2
2030	0	0	0%	8,2	30,0	43%	34,5	44,6	0,0	0,0

Remarks: Import balance includes also other rather constant fossil and renewable resources

Wenn sich der Trend bei der erneuerbaren Erzeugung in den Jahren fortsetzt, so sind hieraus in 2026 eine Lieferung von 30 TWh in das öffentliche Netz zu erwarten, was mehr als eine Verdopplung gegenüber 2018 bedeutet. Die aktuell vorhandenen Gaskraftwerke (6,9 GW) könnten durch eine höhere Auslastung (63%) allein schon 2,5 GW der wegfallenden nuklearen Kapazität in 2026 ersetzen.

Auf dieser Basis haben wir folgende Szenarien berechnet:

- A) Die Altreaktoren wurden planmäßig abgeschaltet. Die verbleibenden Blöcke Doel 4 und Tihange 3 liefern nur 50% ihrer maximal möglichen Erzeugung, weil sie für sicherheitstechnische Nachrüstungen der geplanten Laufzeitverlängerung über längere Zeit abgeschaltet sind.

- B) Alle nuklearen Einheiten sind entsprechend dem ursprünglichen Ausstiegspfad nicht mehr am Netz. Die Gas- Kapazität wird durch ein neues GuD-Kraftwerk mit 1,3 GW Leistung ergänzt.
- C) Wie Szenario B, aber mit einer Steigerung der erneuerbaren Stromerzeugung um 10% gegenüber der Trendfortschreibung.

Bei allen Szenarien ist Belgien in dieser Übergangszeit auf Stromimport aus dem Binnenmarkt angewiesen. Der höchste Bedarf entsteht bei Szenario A (6,8 TWh). Durch die Ergänzung nur eines neuen Gaskraftwerks in Szenario B sinkt der Fehlbedarf um 1 TWh/a, obwohl keine nukleare Kapazität zur Verfügung steht. Der verstärkte Ausbau der Erneuerbaren reduziert den Importbedarf um etwa 3 TWh/a. Der Importbedarf liegt bei allen Szenarien nur noch bei einem Bruchteil dessen, was die reale Situation in 2018 war. Szenario C zeigt, dass schon eine Steigerung des erneuerbaren Angebots um 15% (statt 10% in Szenario B) sogar eine ausgeglichene Jahresbilanz der grenzüberschreitenden Stromflüsse möglich wäre.

→ Ein Ausblick auf 2030.

Der Schlüssel zum Übergang in eine nuklearfreie Stromversorgung bei gleichzeitiger Minimierung der Erzeugung aus fossilem Gas liegt bei den klar erkennbaren Chancen durch die konsequente Fortsetzung des bisherigen Trends beim Wachstum von Wind- und Solarleistung. Die letzte Zeile zeigt, dass dann im Jahr ohne nukleare Erzeugung und mit nur 43% mittlerer Auslastung der Gaskraftwerke eine ausgeglichene Bilanz von Import und Export von Strommengen möglich ist.

6. Szenarien für 2026: Worst case Monat und Tag

Damit der Nachweis erbracht werden kann, ob auch in den kritischsten Wintermonaten und speziellen Wintertagen die Versorgungssicherheit zu gewährleisten ist, haben wir aus dem Jahr 2022 den Januar und davon den Tag ausgewählt, an dem das Angebot aus Wind und Sonne Energien das absolute Minimum von nur 13,7 TWh bzw. 0,6 GW im Tagesmittel erreichte (s. Tabelle 5).

Table 5: Scenario 2026 January		Nuclear		Gas			Renewables		Import	
		Energy	Mean Power	Energy	Mean Power	Percent of full load	Energy	Mean Power	Energy	Mean Power
		GWh	GW	GWh	GW		GWh	GW	GWh	GW
Worst case month										
M 1	January 22	4.437	6,0	2.162	2,9	42%	1.414	1,9	-707	-1,0
M 2	January 26	1.548	2,1	3.594	4,8	70%	2.206	3,0	-41	-0,1
M 3		0	0,0	4.454	6,0	73%	2.426	3,3	426	0,6
Worst case day										
D 1	12. Jan 22	144	6,0	110	4,6	67%	13,7	0,6	-9	-0,4
D 2	12. Jan 26	50	2,1	124	5,2	75%	21,4	0,9	65	2,7
D 3		0	0	154	6,4	78%	23,5	1,0	83	3,5
D 4	12. Jan 30	0	0	154	6,4	78%	33,3	1,4	73	3,1
Remarks: Import balance includes also other rather constant fossil and renewable resources										

Die Situation im Januar 2022 war gekennzeichnet dadurch, dass noch alle nuklearen Reaktoren im Betrieb waren (Zeile M 1). So konnte trotz geringer Ausnutzung der Gaskraftwerke (42%) und geringem Angebot von Solar- und Windenergie im Mittel ein 1 GW Überschussleistung exportiert werden. Wenn in einem vergleichbaren Januar 2026 nur noch D 4 und T 3 am Netz sind (Zeile M 2), ergibt sich eine (nahezu) ausgeglichene Monatsbilanz, wenn die Gaskraftwerke mit 70% ihrer

installierten Leistung arbeiten und dem Trend des Ausbaus der erneuerbaren Energieanlagen folgend deren Stromlieferung um 50% erhöht wird (gemäß Szenario B).

Wenn allerdings kein Reaktor mehr Strom liefert (Zeile M 3), ist es empfehlenswert ein zusätzliches hocheffizientes GuD- Kraftwerk (1.3 GW) als Grundlast am Netz zu haben, das die mittlere Auslastung des Gaskraftwerksparks auf 73% erhöht. Gelingt es überdies gemäß Szenario C die Leistung der Erneuerbaren Kraftwerke um 10% zu erhöhen, fällt der dann erforderliche Stromimport sehr moderat aus (mittlere Leistung 0,6 GW).

Am ungünstigsten Tag des Monats (12. Jan.) wurde in 2022 ein geringer Exportüberschuss erzielt, weil nicht nur die Reaktoren unter Volllast liefen, sondern vor allem auch die Leistung der 6,9 GW Gaskraftwerke zu 67% abgerufen werden konnten (Zeile D 1). Wenn 2026 nur noch zwei Reaktoren online wären (Zeile D 2), müsste die Volllast der vorhandenen gasbetriebenen Erzeuger auf 75% erhöht werden, wie es schon im Jahr 2018 bei einer ähnlichen Lage geschah (s. Tabelle 1). Dann beträgt beim Fortschritt der Erneuerbaren gemäß Szenario C ein Bedarf an Importstrom von 65 GWh.

Zeile D 3 zeigt wiederum die Lage ohne nukleares Angebot. Mit den oben bei Zeile M 3 beschriebenen Maßnahmen steigt der Tagesimportsaldo auf 83 GWh. Die hierfür erforderliche Tagesdauerleistung von 3,5 GW ist allerdings nichts Außergewöhnliches. Diese wurde im Jahr 2018 in der 42. Kalenderwoche im Durchschnitt für eine ganze Woche aus dem Binnenmarkt abgerufen.

„Worst case Tage“ für Erzeugung aus erneuerbaren Quellen mit einer Erzeugung < 25 GWh kamen im 1. Quartal 2018 noch 17 Mal vor. In 2023 waren es nur noch 10. Dies wird mit fortschreitendem Ausbau der Kapazitäten zur absoluten Ausnahme werden. Dies zeigt auch die Fortschreibung des Szenario B in das Jahr 2030 in Zeile D 4.

7. Fazit

Der ursprünglich geplante Ausstieg bis 2025, hätte Belgien nach Italien und Deutschland zum dritten Land in Europa gemacht, das seine nukleare Stromerzeugung beendet. Die Abkehr hiervon, durch eine Gefahr für die Versorgungssicherheit zu begründen, ist nach den Recherchen des Autors auf Basis der realen Erfahrungen der Möglichkeiten des Lastmanagements nicht stichhaltig.

Nachbemerkung an die politischen Entscheidungsträger: Es liegen dem Autor keine Informationen vor, wie weit der von ELIA empfohlene Ausbau von Gaskraftwerken baurechtlich gediehen ist. Aber die 2020 erfolgte Reaktivierung des modernen GuD Kraftwerks „Claus“ in Maasbracht (NL) mit 1,3 GW Leistung benötigt nur ein 13 Kilometer langes, unterirdisches Kabel zur Hochspannungsstation des belgischen Netzbetreibers Elia in Kinrooi und wäre damit auf jeden Fall als Back-up in 2026 verfügbar. Ein entsprechendes Angebot des Betreibers [RWE Power] sollten Sie nicht ausschlagen, sondern technisch und vertraglich vereinbaren.

Quellen:

[ELIA] ELIA Group: Adequacy and flexibility for Belgium 2020 – 2030

[ENTSO- E] <https://www.energy-charts.info/charts/power/chart.html?l=en&c=BE>

[RWE Power] <https://www.en-former.com/niederlaendisches-gaskraftwerk-soll-strom-nach-belgien-liefern/>