Flexibler Einsatz von Strom

Beispiel Glasindustrie

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Agenda

01

Glasschmelzprozess

02

Auswirkungen bei flexiblem Stromeinsatz

03

Ansätze zur Flexibilisierung

04

Fazit

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

01

Glasschmelz-Prozess

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

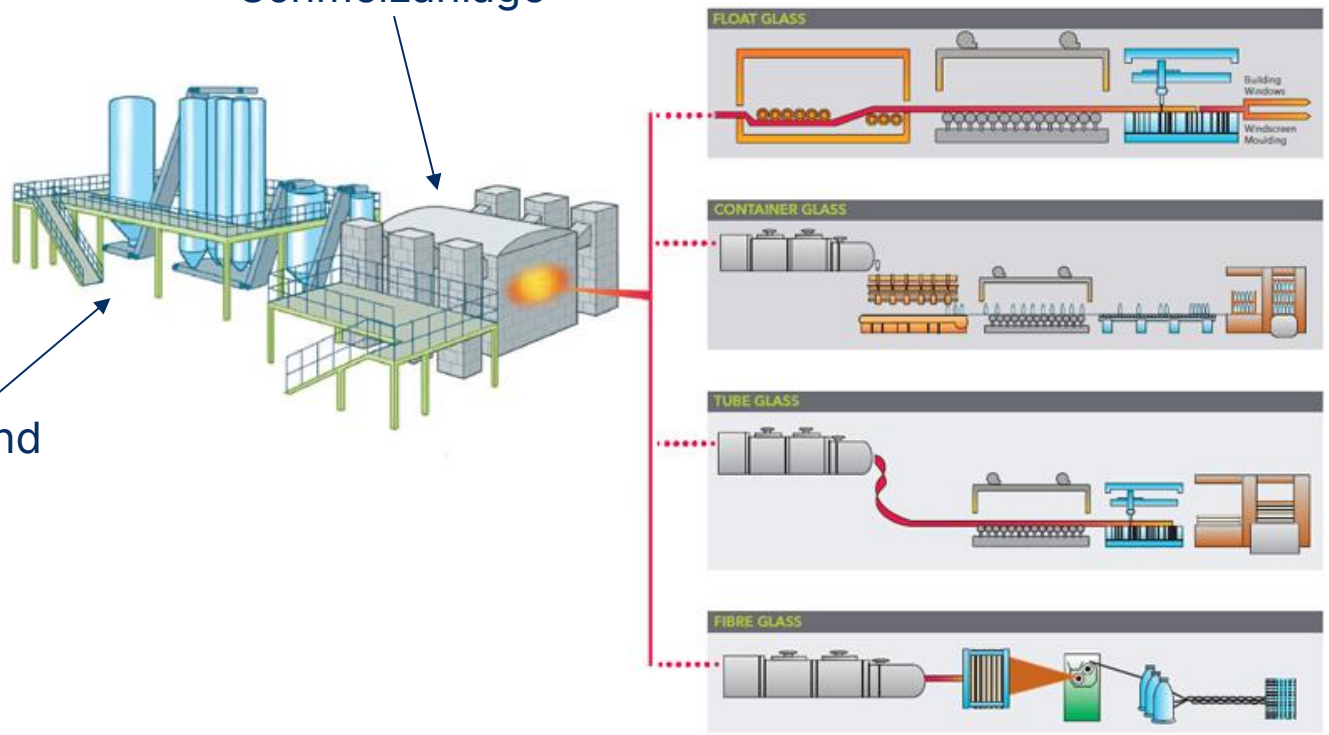
Internal

Glasschmelzprozess

Prinzip-Darstellung

Formgebung und Kühlung

Schmelzanlage



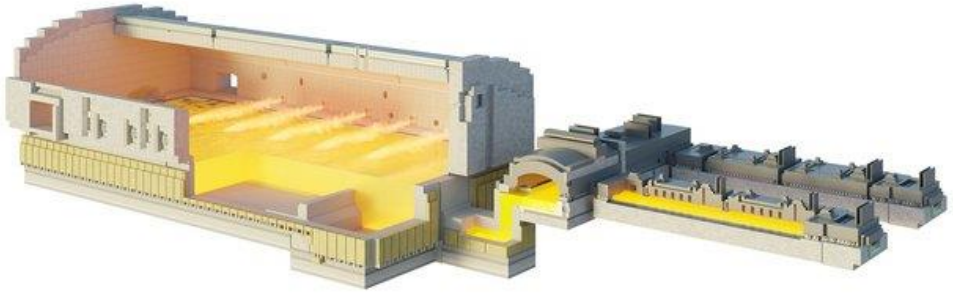
Rohstoff-Bevorratung und Gemenge-Bereitung

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

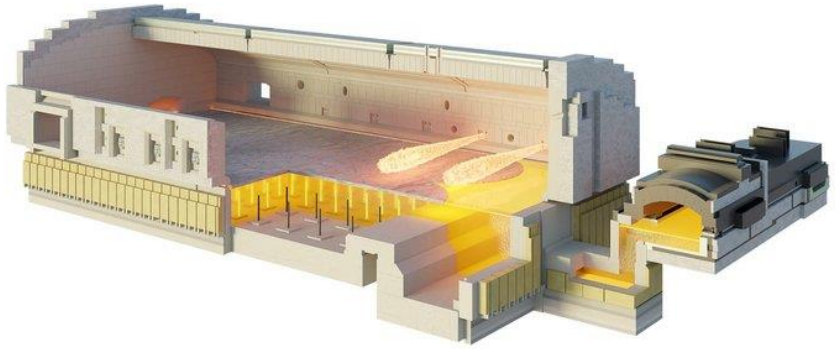
Internal

Glasschmelzprozess

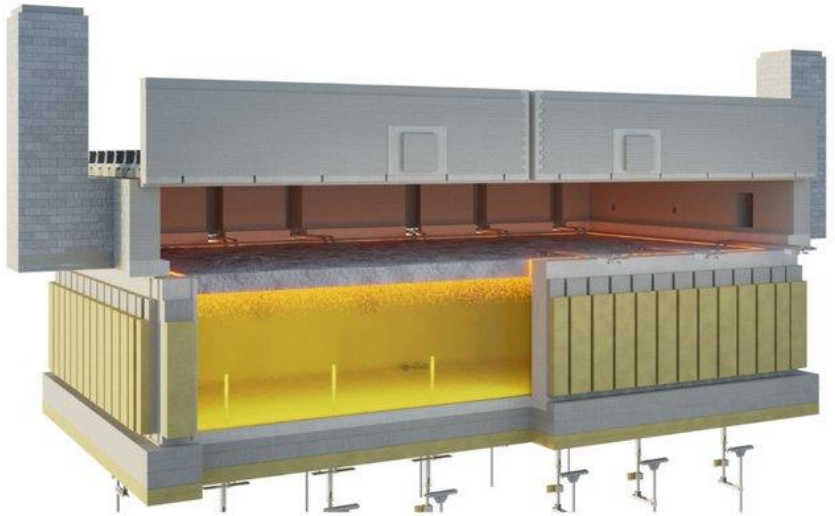
Typen von Schmelzanlagen



Vollständig fossil beheizte Schmelzanlage



Hybrid beheizte Schmelzanlage – fossile + elektrische Energie



Vollelektrisch beheizte Schmelzanlage

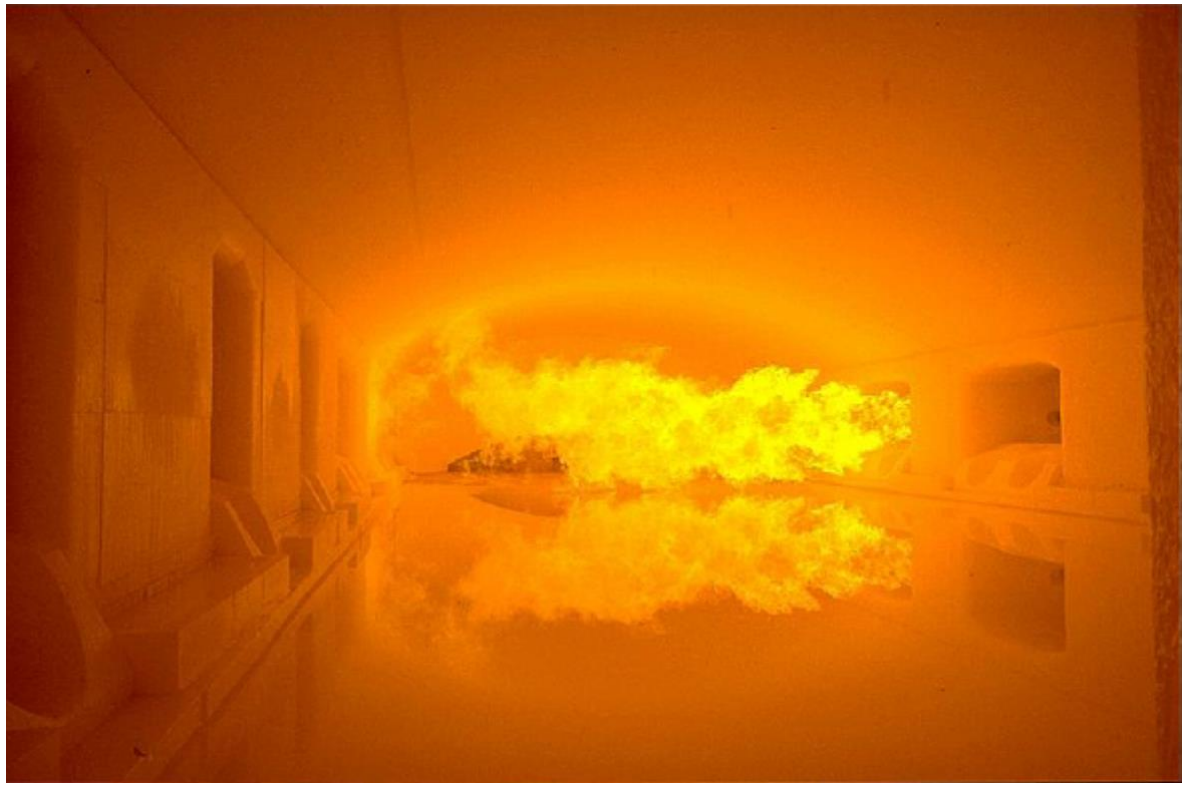
© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glasschmelzprozess

Fossile Beheizung

- Beheizung mittels Gas-Luft- oder Gas-Sauerstoff-Brennern oberhalb der Glasschmelze
- Wärmübergang über Strahlung von der Oberfläche in die Glasschmelze



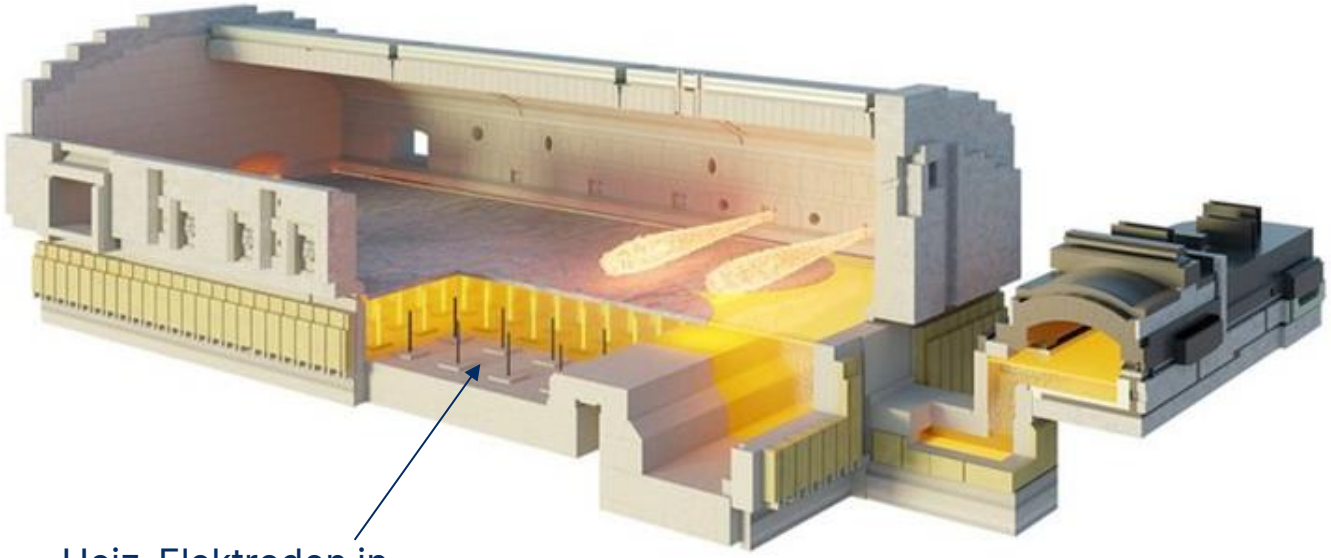
© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glasschmelzprozess

Elektrische Beheizung

- Zusätzliche Option der Beheizung mittels Elektroden direkt in der Glasschmelze
- Energiefreisetzung im Volumen der Glasschmelze



Heiz-Elektroden in der Glasschmelze

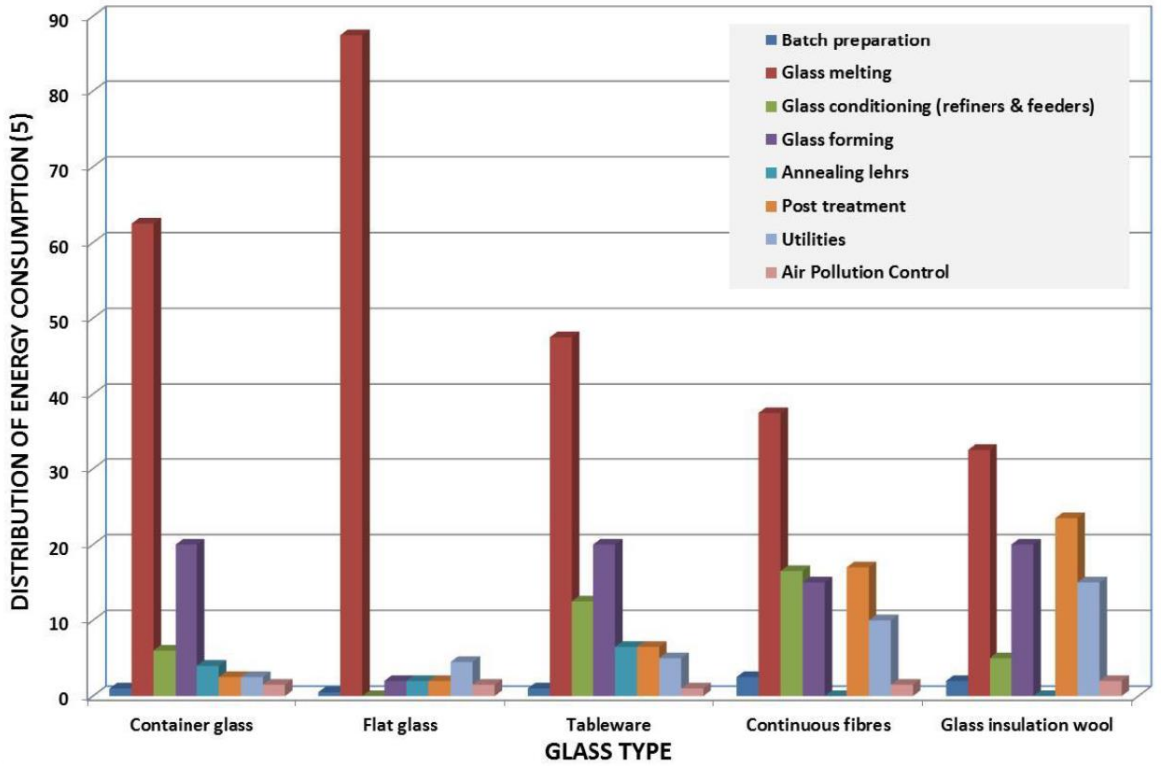
© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glasschmelzprozess

Energie-Bedarf

- Je höher der Qualitätsanspruch der gefertigten Produkte, desto größer ist der Energiebedarf für das Schmelzen
- Für hochwertige Produkte wird der Energiebedarf im Wesentlichen durch die Schmelzanlage definiert



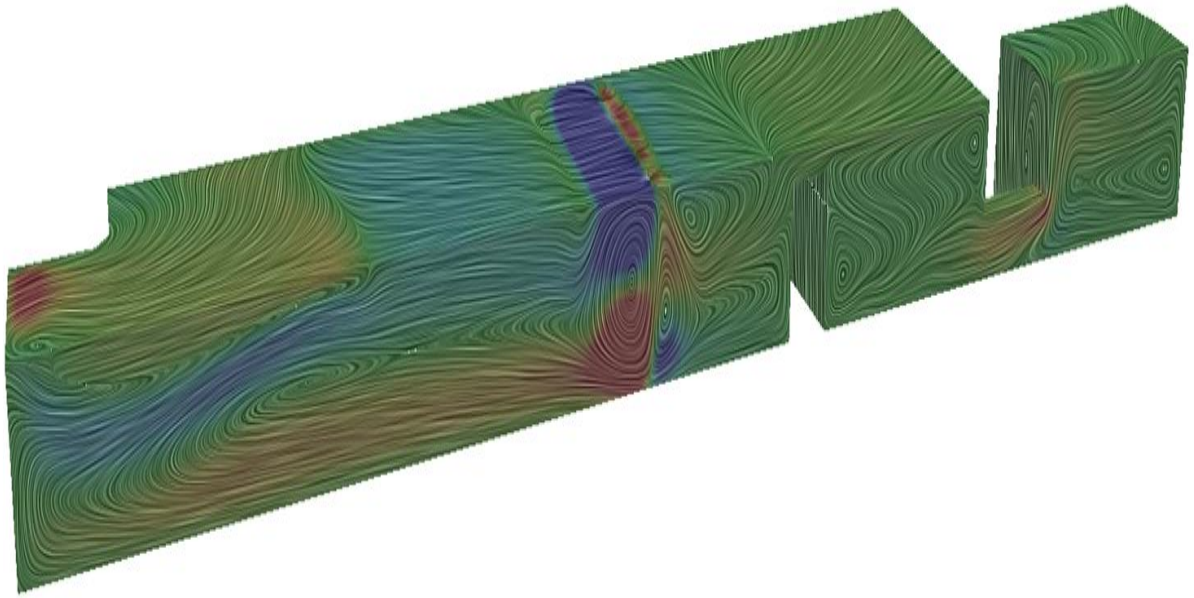
© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glasschmelzprozess

Die wichtigsten Rand-Parameter zur Einstellung des Temperatur-Zeit-Verlaufes in der Schmelze

- Dichte-Konvektion der Glasschmelze – Abhängigkeit der Dichte von der Temperatur der Glasschmelze
- „Kalte“ Wände
- Dimensionen der Schmelzanlage
- Einbauten in der Glasschmelze



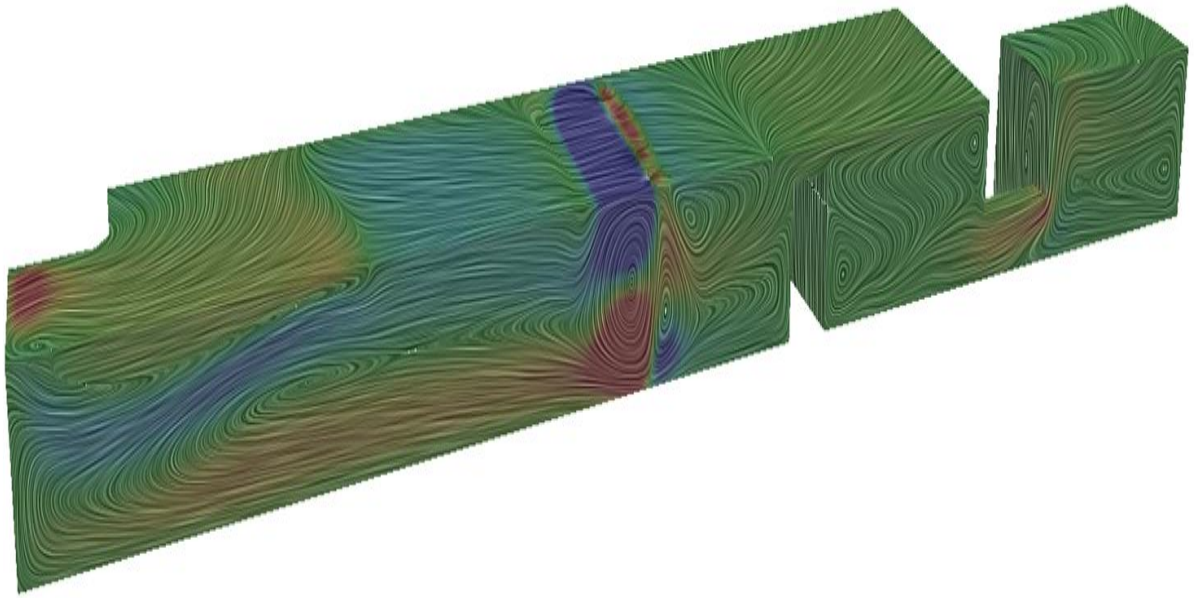
© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glasschmelzprozess

Die wichtigsten Prozess-Parameter zur Einstellung des Temperatur-Zeit-Verlaufes in der Schmelze

- Kontinuierliche Einlage von Rohstoff-Gemenge und Scherben
- Kontinuierliche Entnahme von flüssiger Glasschmelze
- Konstanter Anlagendurchsatz
- Konstante Höhe der Glasschmelze für konstante Druckverhältnisse im System
- Temperaturen oberhalb der Glasschmelze (Brenner)
- Temperaturen in der Glasschmelze (Elektroden + Brenner)



© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

02

Auswirkungen bei flexiblem Stromeinsatz

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Auswirkungen bei flexiblem Stromeinsatz

Aus vorliegender Studie zum Thema

- Die Thermoprozessanlagen in der Glasindustrie sind fast ausschließlich kontinuierlich betrieben, mit Auslastungsgraden zwischen 80 % und 100 %.
- Dies limitiert die möglichen Flexibilitätspotentiale nach dem Stand der Technik
- Die Produkte und die Anlagen sind empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen, weshalb eine konstante Temperatur und ein kontinuierlicher Betrieb sichergestellt werden müssen
- Die vorhandenen elektrisch beheizten Schmelzanlagen haben vor allem hinsichtlich ihrer limitierten Produktionsleistungen und der geringen Lebensdauer Nachteile gegenüber den hauptsächlich verwendeten fossil beheizten Anlagen

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Auswirkungen bei flexiblem Stromeinsatz

Aus vorliegender Studie zum Thema

- Eine Option ist jedoch die Ergänzung einer fossil beheizten Anlage um eine elektrische Zusatzheizung
- Diese können zwischen 5 % bis 20 % der gesamten Energiezufuhr der ansonsten fossil beheizten Schmelzwannen ausmachen und werden teilweise bereits eingesetzt
- Eine ungünstige Zuschaltung der elektrischen Zusatzheizung kann jedoch auch zu inhomogenen Temperaturprofilen führen, die sich negativ auf die Produktqualität auswirken
- Je höher die Qualitätsanforderungen an das Glas sind, desto schwieriger gestaltet sich daher auch eine Elektrifizierung des Prozesses

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Auswirkungen bei flexiblem Stromeinsatz

Erfahrungen bei SCHOTT

- Spezialglas hat sehr hohe Qualitätsanforderungen bezüglich Fehler, die aus der Glasschmelze resultieren (Faktor 10-100 schärfer als bei Hohlglas)
- Schon kleine Prozessschwankungen können zu Änderungen der Strömungen in der Glasschmelze und dadurch zu Änderungen des Temperatur-Zeit-Verlaufes in der Schmelzanlage führen
- Solche Änderungen führen fast immer zu Produktionsausfall – ggf. über mehrere Tage

- Aus diesem Grund wird versucht:
  - Einhaltung von konstantem Anlagendurchsatz – auch bei wechselnden Produktionsanforderungen
  - Einhaltung von Temperatur-Konstanz von wenigen °C Schwankung bei den Leit-Temperaturen
  - Durchführung von Prozess bedingten Änderungen nur in kleinen/kleinsten Schritten – teilweise über Tage verteilt

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

03

Ansätze zur Flexibilisierung

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

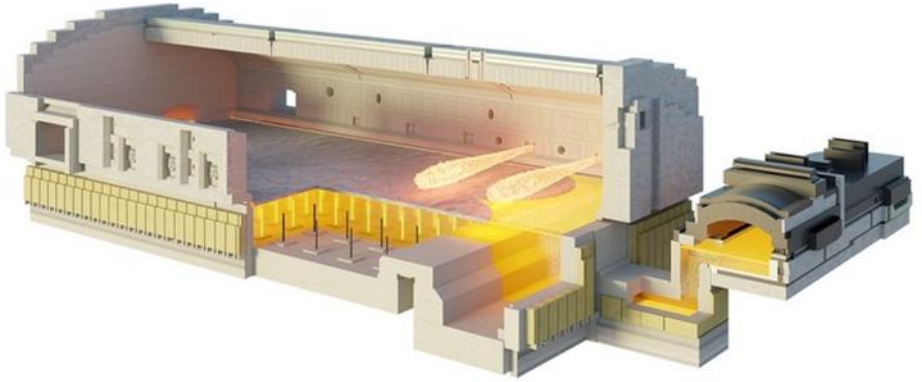
Internal

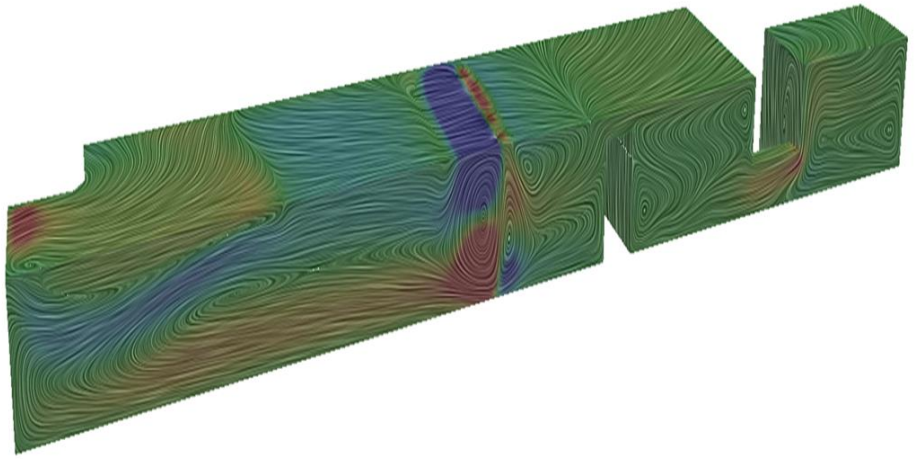
Ansätze zur Flexibilisierung

BMBF-Projekt Synergy (2015-2020) - Vorgehen

- Können wir an unseren heutigen Schmelzanlagen fossile und elektrische Energie in gewissen Grenzen flexibel ändern
  - Ohne Prozess und Qualität negativ zu beeinflussen
  - Ohne zulässige Maximal-Temperaturen zu überschreiten

- **Schritt 1**: Theoretische Untersuchung und Bewertung mittels FE-Simulation
- **Schritt 2**: Durchführung von Produktionsversuchen





© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Ansätze zur Flexibilisierung

BMBF-Projekt Synergy (2015-2020) - Ergebnisse

- Theoretische ermittelte Potentiale können in den Produktionsversuchen nicht bestätigt werden
- Potentiale der Flexibilisierung sehr gering
- Flexibilitätsmaßnahmen mit Abrufdauern von mehreren Stunden bis zu wenigen Tagen sind aktuell nicht realistisch

	Anlage B theoretisch	Anlage B real
	kW	kW
Mögliche Erhöhung el. Energie	300	100
Mögliche Reduzierung el. Energie	500	100
Gesamtspanne	800	200

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

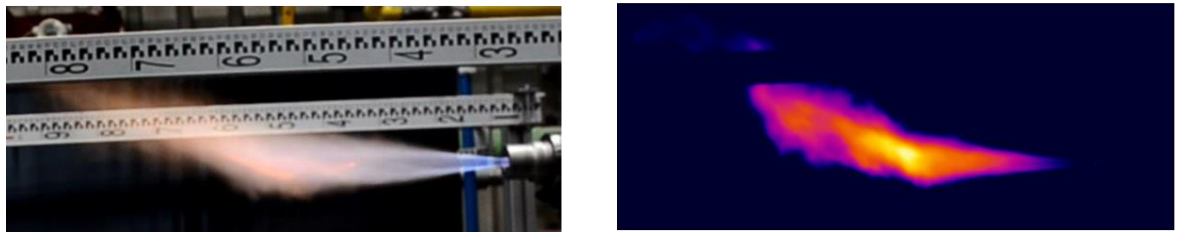
Internal

Ansätze zur Flexibilisierung

Projekte zur Erzeugung und Beheizung mit Wasserstoff (2019-2023) - Vorgehen

- Durchführung von Technikums- und Produktionsversuchen zum Einsatz von Wasserstoff zur Substitution von Erdgas
- Gefördert in mehreren öffentlichen Fördervorhaben
- Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit

100 Vol.-% Erdgas



100 Vol.-% H_2

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Ansätze zur Flexibilisierung

Projekte zur Erzeugung und Beheizung mit Wasserstoff (2019-2023) - Ergebnisse

- Benötigte Wasserstoff-Mengen nicht über Tank-Belieferung darstellbar
- Aufbau von Elektrolyse-Anlagen scheitern an fehlendem Platz auf den Werksgeländen und teilweise auch an der Lage (Nähe zu Wohngebieten)
- Für flexiblen Betrieb ist zusätzliche Verdichtung und Tank-Kapazität (Kosten) erforderlich
- Erzeugung unter diesen Randbedingungen führt zur Erhöhung der Energiekosten in Relation zu Erdgas um den Faktor
  - 2-3 für grauen Wasserstoff
  - 5-8 für grünen Wasserstoff

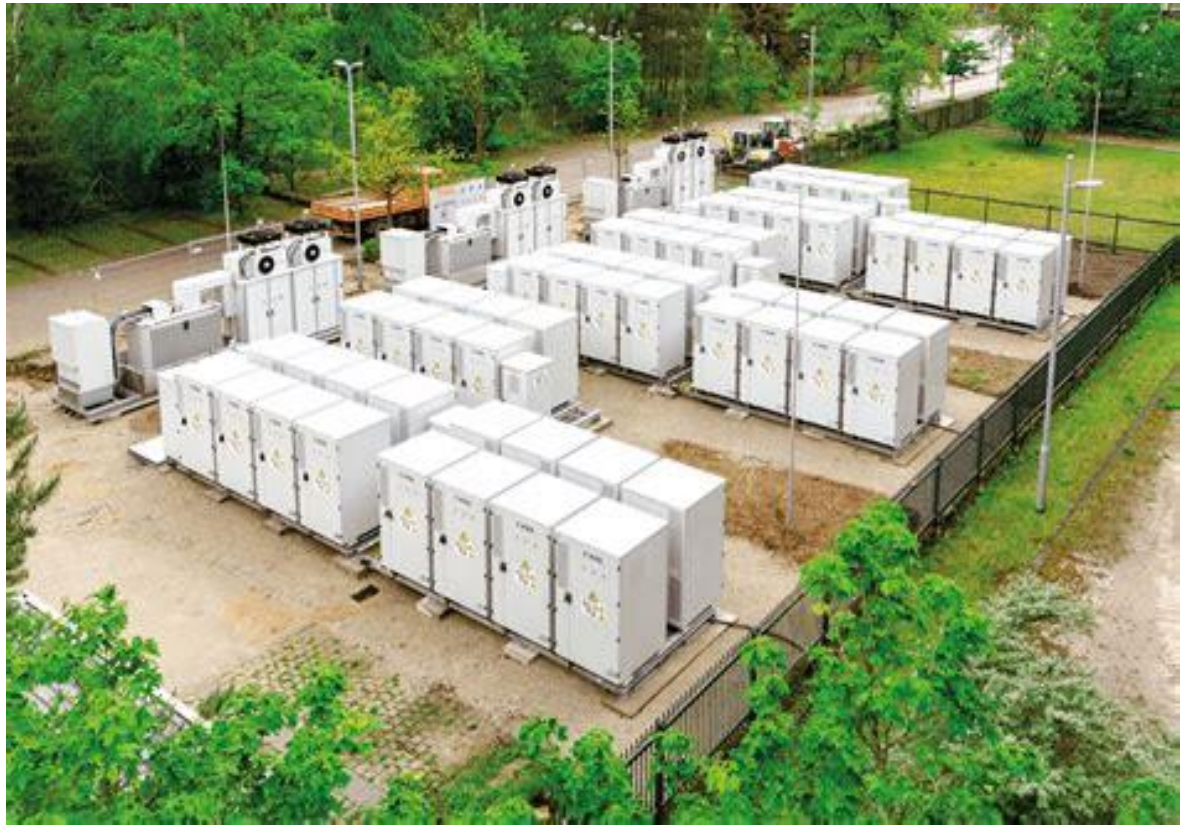
© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Ansätze zur Flexibilisierung

Stromspeicher

- Aufbau von Stromspeichern in ausreichender Dimensionierung scheitern an fehlendem Platz auf den Werksgeländen
- Kosten von ca. 200 T€ - 300T€ je MWh → bedeutet für z.B. den Standort Mainz von SCHOTT mit 20 MWh(*) ca. 1,5 bis 3 Mio.€
  (+ Infrastrukturkosten von 0,5 – 1,0 Mio.€))
- Je nach Standort ist ggf. noch eine Erhöhung der Anschlussleistung erforderlich – dies ist bei Netz bedingter Verfügbarkeit vorausgesetzt, mit erheblichen zusätzlichen Kosten verbunden



(*) Leistungsreduzierung 3,5 – 4,5 % der Spitze für 2 * 6 h

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Ansätze zur Flexibilisierung

Nebenaggregate

- Kühlungen (Luft, Wasser) werden kontinuierlich benötigt, um Anlagenschäden zu vermeiden
- Elektrische Beheizung der Zuführungssysteme zwischen Schmelzanlage und Formgebung
  - kontinuierlicher Betrieb notwendig, da sonst Betriebsunterbrechung
- Antriebe der Nachverarbeitungslinien/Entspannungsöfen
  - kontinuierlicher Betrieb notwendig, da sonst Betriebsunterbrechung
- Abgasreinigung
  - kontinuierlicher Betrieb zur Einhaltung der Umweltauflage notwendig
- Druckluft – Flexibilisierung möglich, aber von den Mengengerüsten nicht relevant

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

04
Fazit

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Fazit

- Ein flexibler Energie-Switch zwischen Strom und fossiler Energie ist bei Glasschmelzanlagen nur in sehr geringer Dimensionierung möglich – große Sprünge führen unweigerlich zu erheblichen Produktionsausfällen

- Eine Flexibilisierung über das Medium Wasserstoff ist theoretisch möglich – auf Basis der heutigen und zukünftig zu erwartenden Kosten für Elektrolyse-Anlagen und den benötigten Strom aber wirtschaftlich nicht tragbar
  Zusätzlich stellt sich die Problematik des nicht verfügbaren Platzbedarfes auf existierenden Werksgeländen

- Eine Flexibilisierung über Stromspeicher ist möglich – stellt aber auf Basis der Investitionskosten für die notwendige Speicherleistung, die Erweiterung der Infrastruktur und des Platzbedarfes zusätzliche wirtschaftliche Belastungen dar. Notwendige Erhöhungen der erforderlichen Anschlussleistungen benötigen ggf. zusätzliche, erhebliche Investitionskosten
- Die Sinnhaftigkeit einer kleinteiligen Flexibilisierung durch Industrieunternehmen wird prinzipiell in Frage gestellt.

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Fazit

- Aktuell stehen in der Glasindustrie keine wirtschaftlich realisierbaren Ansätze zur Flexibilisierung des Stromeinsatzes zur Verfügung

- Angedachte regulatorische Änderungen führen daher zu weiteren, zusätzlichen wirtschaftlichen Belastungen

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Contact

Stefan Schmitt

Head of Melting Technology

stefan.schmitt@schott.com

+49 (0)6131/66-2981

 © SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Back Up

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Ansätze zur Flexibilisierung

Luftzerlegungsanlagen zur Darstellung des benötigten Verbrennungsmediums Sauerstoff

- Für flexiblen Betrieb ist zusätzliche Verdichtung und Tank-Kapazität (Kosten) erforderlich
- Üblicherweise wird die Luftzerlegung nicht durch die Glashersteller, sondern durch Lieferanten betrieben

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glass tubing production

Overview

Raw materials

Melting process

Tube drawing

Single tube processing

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal

Glass tubing production – Melting process

Pioneering new technologies: Electrified melting

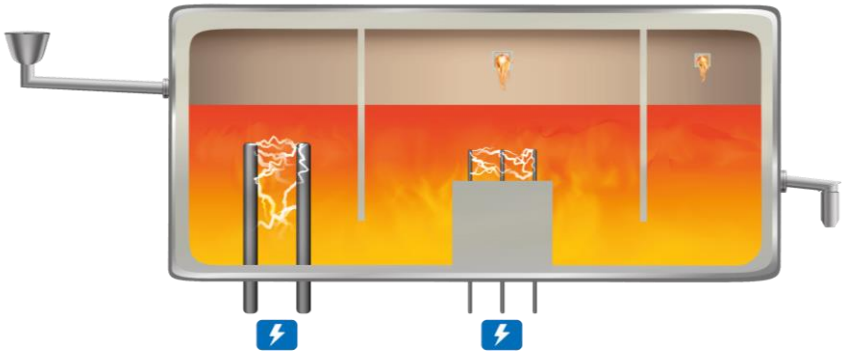
1.700°C
melting temperature

Today:

Industry standard relies on **fossil energies**

80%
Decarbonization*

-12.000 t_{CO_2}/a
per melting tank



New:

Electrified melting

40 t/day
System output

* Referred to projected reduction of GHG emissions during glass melting (i.e. w/o raw materials, post-processing, transport)

© SCHOTT AG, Stefan Schmitt, 30.09.2025

Internal