





FLEXcheck

A Guideline for estimating industrial Flexibility potential

ISEC 2026
Graz, Austria

Bernd Riederer, Kerstin Pfleger-Schopf, Julia Schönfelder, Sebastian Dietze,
Cyrus Alexander Emami, Martin Puster, Sandra Staudt, Valentin Kaisermayer,
Daniel Muschick, Thomas Kienberger, Markus Gölles

Why consider flexibility in your company?

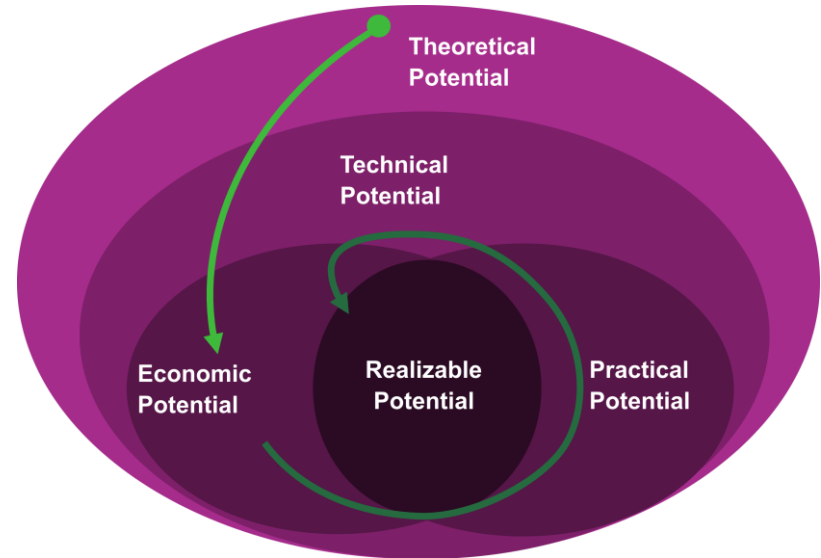
- **Challenges of a sustainable energy system**
 -  Volatility: Increasing share of volatile renewable energy sources
 -  Sector-coupling: Increased sector coupling
- **Demand for flexibility is rising – but so is the availability!**
- **Opportunities provided by flexibility utilization**
 -  Business opportunities: New pricing models for flexibility in various sectors
 -  Resiliency: Storages ensure higher degree of self-sufficiency

To make use of these opportunities, knowledge about **your companies' flexibility potential** and available options **is key.**

What is flexibility and flexibility potentials?

“Flexibility is the possibility of a system to react to ever-changing conditions”

- Flexibility potentials...
 - are classification types
 - are interdependent
 - provide a framework for the estimation of flexibility

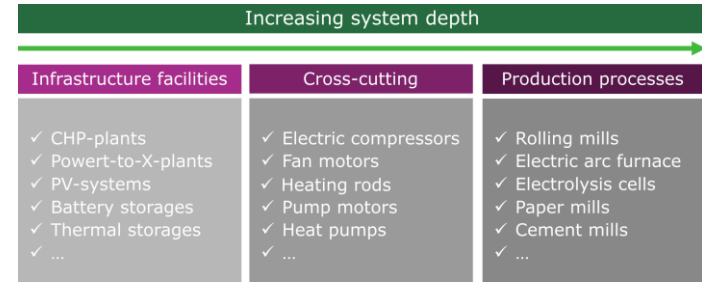


Flexibility potentials can be used to iteratively increase the level of detail. In the end one is interested in the **realizable potential**.

How to measure and utilize flexibility?

- Many possibilities to measure process or system flexibility:

- Using energy balances
- Defining and calculating KPIs
- Considering operational constraints



- Once identified flexibility can be utilized on two levels:

- **Facilities:** Changing/Adding operational units in your process
- **Operational changes:** Proactive or reactive measures
 - Like model-predictive, optimization-based control strategies

But where and how to start?

FLEXcheck methodology

- Provides an **iterative guideline** for estimating flexibility potentials
- For an easy application: assisted by open-access tools

FLEXcheck



- Combined questionnaire and evaluation method as Excel-Tool
- To get an overview on the whole company several topics are addressed
 - **Generic information:** location, boundary conditions, business development, ...
 - **Energy-related:** annual energy provision and consumption, storage capabilities, ...
 - **Production-related:** annual production, prioritization, utilization and capacity, ...
 - **Digitalization:** IT-infrastructure, quality of historic energy-data, ...
 - **Flexibilization:** Willingness to implement flexibility measures, known flexibility, ...
- Each topic gets a flexibility score based on several KPIs ^[1]

Application: Estimating theoretical potential and identify low-hanging fruits

Austrian ceramics plant – Generic inf.

- Strategic:** Highly motivated to
 - implement new technologies
 - participate in flexibility markets
 → **positively** influences flexibility
- Production:**
 - processes are operated at a maximum
 → **restricts** utilization of flexibility

Motivation is counteracted by possibility
Effects balance each other → **Average potential**

- Aim of flexibility analysis:**
 - strong emphasis on economic aspects of flexibility utilization
 - Additional focus on ecological aspect
 - Not integrated into the final score

UNTERNEHMUNG

Ansprechperson
 Responsible Person: Manager/Energy Manager/CEO/CTO
 0123 456 789
 responsible.person@ceramics-industry.at

Standortentwicklung

| | | | |
|----------------|--|--|---|
| Negativ | Neutral Absatzsteigerung ist geplant | Positiv Produktionstechnische Neuerungen sind geplant (Weitere) erneuerbare Energieträger sind geplant Teilnahme an Flexibilitätsmärkten | Zusatzinformationen Beschreibung: Extruder, Druckluft-Kompressor Beschreibung: Photovoltaik (+1300kW -5%) Ist bereits umgesetzt |
|----------------|--|--|---|

Weitere wichtige Standort- und Umweltfaktoren
(z.B. regionale Einschränkungen, saisonale Bedingungen etc.)
Platz-Einschränkung am Standort für weiteren Ausbau. Kein Fernwärmenetz.

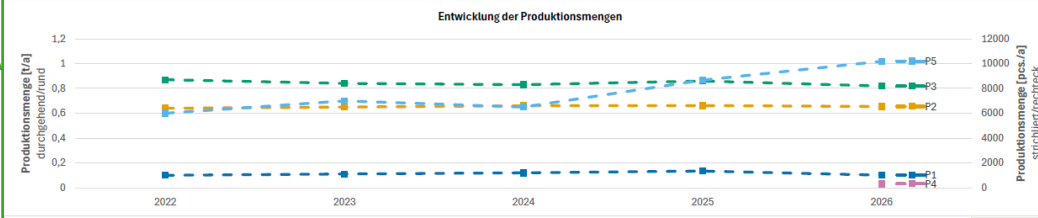
Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) Neutral

Produkte

| Kategorie | Bewertung | |
|---------------------|---|--------------|
| Produktvariabilität | Die angeführte Anzahl an Produkten (5) zeigt eine gewisse Variabilität. Mehr Produktarten würden die Flexibilität weiter erhöhen. Die aus den Angaben geschätzte Maschinenauslastung (100%) ist sehr hoch wodurch sich eine geringe Flexibilität ergibt. | Eher positiv |
| Produktionsmenge | | Neutral |

Entwicklung der Produktionsmengen

Entwicklung der Produktionsmengen



Bewertung Die Fluktuationen in den Produktionsmengen und der vorliegende Trend zeigen eine sehr geringe Flexibilität. Eher negativ

Zielsetzung der Flexibilitätsanalyse

Bewertung Stark fokussiert auf Wirtschaftlichkeit mit schwachem Akzent auf Umweltverträglichkeit


Interpretation Klare Zielpriorisierung mit minimaler Berücksichtigung anderer Anforderungen.

Pros:

- Flexibilität dient vor allem Kostensenkung und Energieoptimierung
- Geringer Aufwand zur Integration in bestehende Betriebsprozesse
- Teilweise Nutzung ökologischer Effizienzmaßnahmen

Cons:

- Ökologische Verbesserungen werden nur oberflächlich betrachtet
- Wenig Investition in langfristige Versorgungssicherheit
- Flexibilität bleibt kurzfristig orientiert



Energy-related aspects

- **Data availability:**
 - good accessibility of energy-related data
 - **Highly relevant** for further analysis

- **Energy demand:**
 - dominated by single energy carrier
 - **reduces** potential for flexibility utilization

- **Energy provision:**
 - integration of a PV system is beneficial
 - only 3% of the annual demand
 - **negligible** for flexibility purposes

- **Storages:** single compressed air reservoir
 - reduces stress on the facility
 - No decoupling of production and consumption
 - **no significant** flexibility

| ENERGIETECHNIK | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|
| Ansprechperson | | | | | |
| Responsible Person Energy Manager | | | 0123 456 789 responsible_person@ceramics-industry.at | | |
| Aktuelle Datenlage | | Neutral RI-Schemata sind nicht vorhanden | Positiv Stromflussdiagramme sind vorhanden Wärmeflussdiagramme sind vorhanden Energie-Audit wurde kürzlich durchgeführt Der Betrieb ist nach ISO 50001 zertifiziert | Zusatzinformationen | |
| Energieverbrauch & Energieaufbringung | | | | Audit-Ergebnis einsehbar | |
| | Elektrisch | Thermisch/Andere | Gesamt | Energemix | |
| Energiebedarf | 15.500 MWh | 59.878 MWh | 75.378 MWh | Alternative Brennstoffe (fossiler Anteil) 11% | |
| Energieaufbringung | 15.500 MWh | 50.900 MWh | 66.400 MWh | Strom 21% | |
| Kategorie (Verbrauch) | Bewertung | | | Gas 68% | |
| Balance | Es wird elektrisch weniger und thermisch weniger produziert aber nicht genug insgesamt | | | Neutral | |
| Diversifizierung | Die 4 Aufbringungsarten und deren Verteilung spricht für eine geringe Diversifizierung | | | Eher positiv | |
| Spitzenleistung | Spitzenleistung (2,9 MW) und maximale Spitzenlast (2 MW) ergeben keine Flexibilität | | | Neutral | |
| Kategorie (Aufbringung) | Verbesserungspotential | | | Bewertung | |
| Netzbezug Strom | Netzbedarf (97%) reduzieren; Abrechnungsintervall erhöhen | | | Eher positiv | |
| Photovoltaik | Bedarfsanteil (3%) erhöhen; Effizienz (0%) erhöhen; Bedarfsdeckung von 40% mit 31000m ² erreichbar | | | Eher positiv | |
| KWK | Nicht vorhanden daher ggf. Nutzung in Betracht ziehen | | | Neutral | |
| Netzbezug Gas | Netzbedarf (85%) reduzieren; Anlieferung diversifizieren; Anschlussleistung (0MW) erhöhen | | | Eher positiv | |
| Netzbezug Fernwärme | Nicht vorhanden daher ggf. Nutzung in Betracht ziehen | | | Eher positiv | |
| Solarthermie | Nicht vorhanden daher ggf. Nutzung in Betracht ziehen | | | Neutral | |
| Energieverbrauch & Energieaufbringung (Ergänzung) | | | | | |
| Keine | | | | | |
| Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) | | | | | |
| Energiespeicher | | | | | |
| Speicherart | Ist-Stand | Jahresbedarf | Zusatzinformationen | Bewertung | |
| Stromspeicher | Kein Stromspeicher vorhanden | 15.500 MWh/a | | Neutral | |
| Wärmespeicher | Kein Wärmespeicher vorhanden | 50.900 MWh/a | | Neutral | |
| Anderer Energiespeicher | 1 weitere Energiespeicher (Druckluft) mit jeweils 40 MWh Speicherkapazität vorhanden | - | Ideale Größe (Schätzung): 80 MWh | Neutral | |
| Energiespeicher (Ergänzung) | | | | | |
| Der Druckluftspeicher entlastet die Anlage und bietet Flexibilität. | | | | | |
| Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) | | | | | |
| Kommentare (Energietechnik) | | | | | |
| Keine | | | | | |
| Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) | | | | | |
| Positiv | | | | | |

Production-related aspects

- **Flexibility utilization:**
 - shift work hours
 - product and resource storages
 - Data availability
 - **positively** influences flexibility

- **Production process: Internal factors**
 - Operation at maximum
 - Very energy/resource intensive
 - **negatively** influences flexibility

- **Production process: External factors**
 - highly restricted by material availability
 - restricted by customers' demand
 - **negatively** influences flexibility

| PROZESSTECHNIK | | | |
|---|--|---|---------|
| Ansprechperson | | | |
| Responsible Person | 0123 456 789 | | |
| Head of Production | responsible.person@ceramics-industry.at | | |
| Allgemeines | | | |
| Neutral | Positiv | Zusatzinformationen | |
| Geplante Stillstände sind nicht vorgesehen | Es gibt einen Schichtbetrieb Es existieren Zwischenlager in der Produktionskette Es gibt aktuelle Aufzeichnung der Lagerfüllstände | Beschreibung: 5 Tage je 3 Schichten (So 22:00 - FR 22:00) Die Aufzeichnungen können nicht weitergegeben werden | |
| Produktionskennzahlen | | | |
| Kategorie | Bewertung | | |
| <i>Energieintensität</i> | Bestimmt aus Gesamtenergiebedarf (75378 MWh/a) und den produktspezifischen Produktionsmengen und Durchlaufzeiten (siehe UNTERNEHMUNG). Geschätzte mittlere Energieeffizienz: 0% | Dies deutet auf keine Flexibilität hin. | Negativ |
| <i>Ressourceneffizienz</i> | Bestimmt aus dem Rohmaterialverbrauch (26239 t/a) und den produktspezifischen Produktionsmengen und Durchlaufzeiten (siehe UNTERNEHMUNG). Geschätzte mittlere Ressourceneffizienz: 100% | Dies deutet auf eine hohe Flexibilität hin. | Positiv |
| <i>Produktionsauslastung</i> | Bestimmt aus der Gesamtbetriebszeit (8000 h/a) und den produktspezifischen Produktionsmengen und Durchlaufzeiten (siehe UNTERNEHMUNG). Geschätzte mittlere Auslastungseffizienz: 0% | Dies deutet auf keine Flexibilität hin. | Negativ |
| Außere Einflussfaktoren | | | |
| Reihung | Bewertung | | |
| 1. Anstehende Materialanlieferungen wurden geändert | Hohe Abhängigkeit von externen Materialien zeigt wenig Flexibilität. | Negativ | |
| 2. Anstehende Lieferfristen wurden verschoben | Teilweise Abhängigkeit von externen Lieferfristen verringert die Flexibilität. | Eher negativ | |
| 3. Kunde mit einer hohen Priorität ändert das gewünschte Lieferdatum | Kundenpriorisierung ist sich für hohe Flexibilität idealerweise im Mittelfeld. | Positiv | |
| 4. Energie aus Eigenenerzeugung ist aktuell vorhanden (z.B. Hoher Ertrag an Solarstrom) | Geringe Bereitschaft zur Anpassung an Eigenenerzeugung bedeutet geringe Flexibilität. | Eher negativ | |
| 5. Strom- bzw. Energiepreis ändert sich | Keine Anpassung an variable Tarife deutet auf keine Flexibilität hin. | Negativ | |
| Zusatz: Keine | | | |
| Manuelle Bewertung des Zusatzfaktors (Positiv / Neutral / Negativ) | | | |
| Latsgänge energieintensiver Prozesse | | | |
| Bewertung | Es sind keine Latsgänge vorhanden. | | Neutral |
| Kommentare (Prozesstechnik) | | | |
| Keine | | | |
| Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) | | | |

Main culprit in this facility is the **stiffness of the production chain**

Digitalization & Flexibilization

- **Digitalization:**
 - Key enabler for flexibility measures
 - Availability of historic data
 - Only partly digitally available
 - Not accessible in real-time
 - Reactive energy management system



DIGITALISIERUNG

Ansprechperson
 Responsible Person: IT / Head of Digitalisation
 0123 456 789
 responsible_person@ceramics-industry.at

| Allgemeines zur Digitalisierung | Eher positiv | Positiv | Zusatzinformationen |
|---|--|---------|---|
| Neutral | Daten des Energieverbrauchs sind verfügbar Digitale Energieverbrauchsdaten sind verfügbar Daten der Energieaufbringung sind verfügbar Digitale Energieaufbringungsdaten sind verfügbar Daten der Produktion sind verfügbar Digitale Produktionsdaten sind verfügbar | | Teilweise Teilweise Teilweise |
| Live-Zugriff auf Verbrauchsdaten ist nicht möglich Live-Zugriff auf Aufbringungsdaten ist nicht möglich Live-Zugriff auf Produktionsdaten ist nicht möglich | | | |

Wie sieht die restliche digitale Infrastruktur aus?
 Kurze Beschreibung der Digitalisierungsmaßnahmen die in ihrem Betrieb umgesetzt werden.
 Keine Details vorhanden

Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) Neutral

Kommentare (Digitalisierung)
 Keine

→ Flexibility measures need to be taken upfront and cannot be adapted during operations

- **Flexibilization:**
 - High willingness to implement additional flexibility measures,
 - Further measures already identified



FLEXIBILISIERUNG

Ansprechperson
 Responsible Person: Flexibility Manager / Energy Manager
 0123 456 789
 responsible_person@ceramics-industry.at

| Allgemeines zur Flexibilitätsschaffung | Eher positiv | Positiv | Zusatzinformationen |
|--|---|--|-------------------------|
| Neutral | Weitere Materiallager-/speicher wären möglich | Alternative Energietechnologien sind möglich Energiespeichertechnologien sind möglich | Begründung: Platzgründe |
| Sind weitere betriebliche Flexibilisierungsmaßnahmen in ihrem Betrieb denkbar? Kurzes Statement zur möglichen Einführung/Änderung von Schichtbetrieben, Betriebsurlaubszeiten, Lieferzeiten, Anlieferungen, usw... Wärmepumpe und PV Ausweitung denkbar. Warmwasser-Speicher. Zeitversetztes Kneten. | | | |

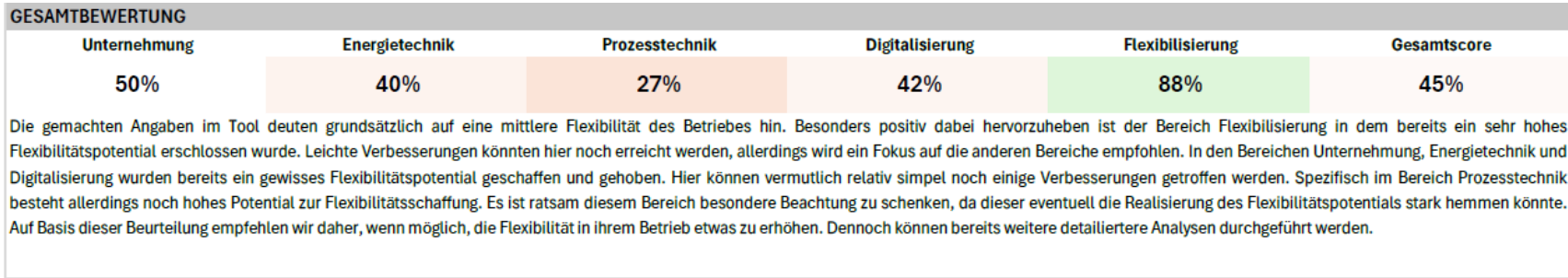
Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) Positiv


Kommentare (Flexibilisierung)
 Hier besteht viel Bereitschaft.

Manuelle Bewertung (Positiv / Neutral / Negativ) Positiv

Motivation is high → **positive** influence

Overall Assessment



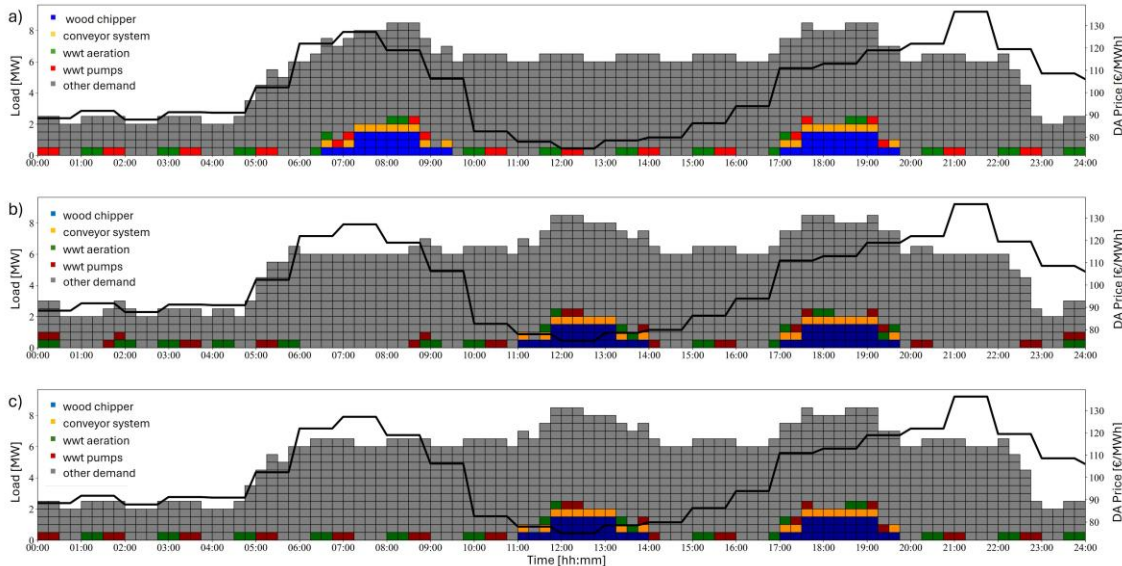
- **Final score**
 - Presented in the tool with a written statement on how to proceed with the next step of **FLEXcheck** 
 - Obtained score is 45%
 - There is some flexibility available but also room for improvement
- **Process and production** related aspects **lower the score** significantly (27%)
- Willingness to **adapt and integrate flexibility** measures (88%) **counterbalances**

A techno-economic evaluation based on the obtained theoretical potential is advised

- A **techno-economic flexibility assessment** tool
- To evaluate daily feasible load shift options to reduce electricity costs by
 - using a deterministic, segment-based optimization heuristic based on a local search strategy (15-min resolution)
 - shifting contiguous production segments within availability windows
 - respecting technical & operational constraints
- Fast approximation (no explicit material/energy flow modeling)

Application: Estimating **techno-economic potential in a block-based visualisation**

Use Case Study – short-term operational flexibility options within the pulp and paper production



a) Baseline scenario: Benchmark profiles

- Day-ahead price signals (2024)
- Evaluating shift potential & cost savings

b) Scenario 1: Full Flexibility

- All units flexible within operational windows (Wood: 06–22h, WWTP: 24h)
- Recovery time as constraint (Wood: 180 min, WWTP: 30 min)
- No flexibility costs, all processes stackable
- Load shifted to low-price periods
- Cost savings: ~230 € per day

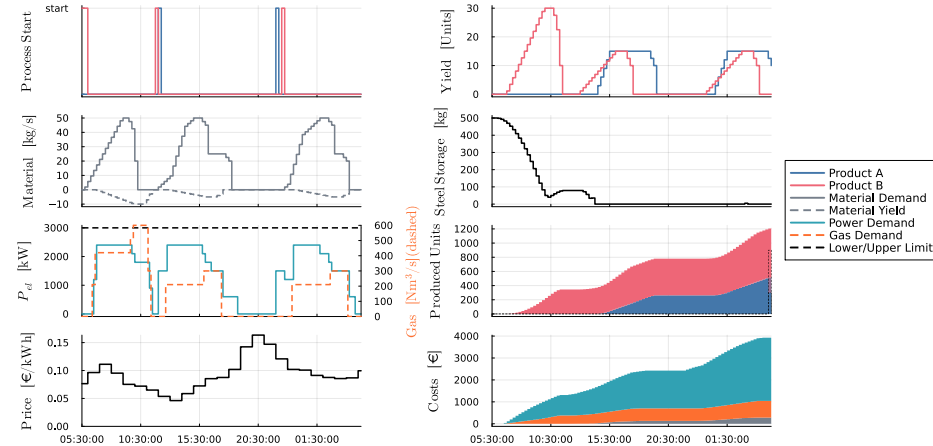
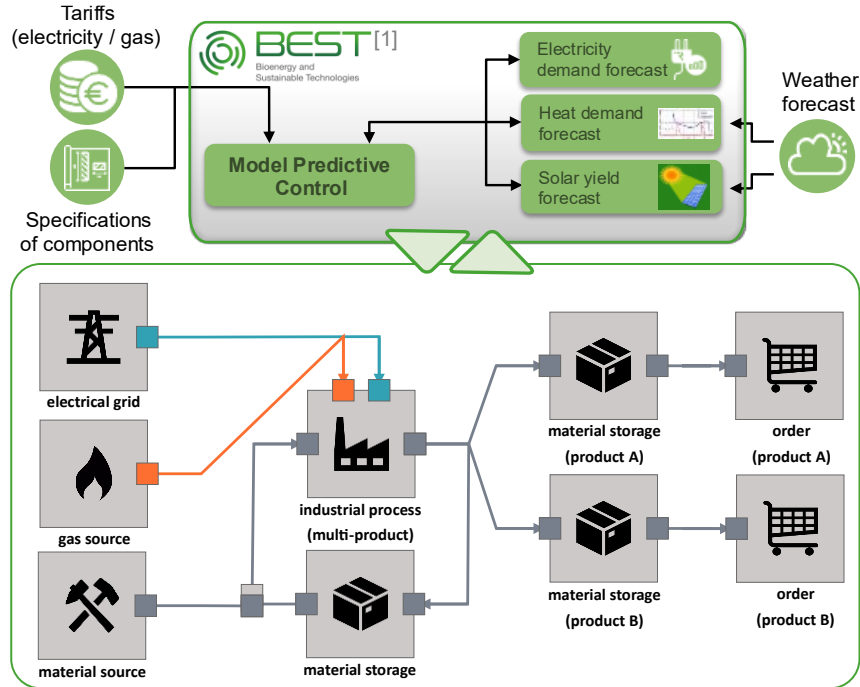
c) Scenario 2: Flexibility costs

- Further constraints: aeration & pumping not stackable + Flexibility costs
- Reduced feasible shifting options
- No additional savings from WWTP
- Strong impact of operational constraints
- Max. viable flexibility cost: ~8 €/15 min

Enables quick screening whether deeper analysis is justified

Sneak Peek

Detailed simulation and energy management





Optimized operation allows better flexibility utilization & reduced production costs between 6% and 12% [2]

[1] Moser, Andreas et al. (2020). MILP-based EMS, DOI: [10.1016/j.apenergy.2019.114342](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114342).
 [2] Riederer, Bernd et al. (2025/under review). Enabling a new balance, 3rd NEFI Conf.

Conclusion

Flexibility will be key for future **energy systems**, **resiliency** and **competitiveness!**

- **Simple tools** can provide a **detailed look** into flexibility potentials
- **Simple measures** can provide **measurable outcome**
- More **elaborate measures** (e.g. improved control strategies) also **pay off**
- **FLEXcheck**  provides an **accessible method** combining the above

Outlook

- Application to more use cases (come to our BEST booth)
- Further improvement of tools → Your input is required!



Bernd Riederer
Researcher
Automation and Control
T +43 5 02378-9229

bernd.riederer@best-research.eu



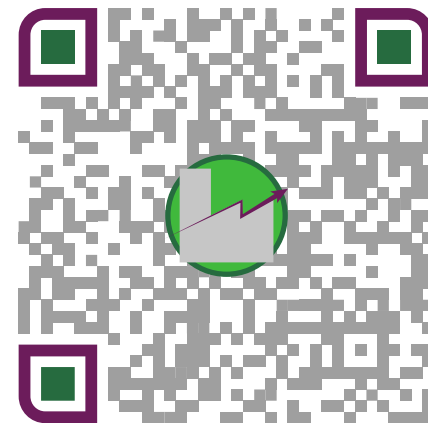
Markus Gölles
Area Manager
Automation and Control
T +43 5 02378-9208

markus.goelles@best-research.eu



Kerstin Pfleger-Schopf
Senior Scientist
Energieverbundtechnik
T +43 3842 402-5409

kerstin.pfleger-schopf@unileoben.ac.at



Open our project website now:
<https://flexcheck.best-research.eu>