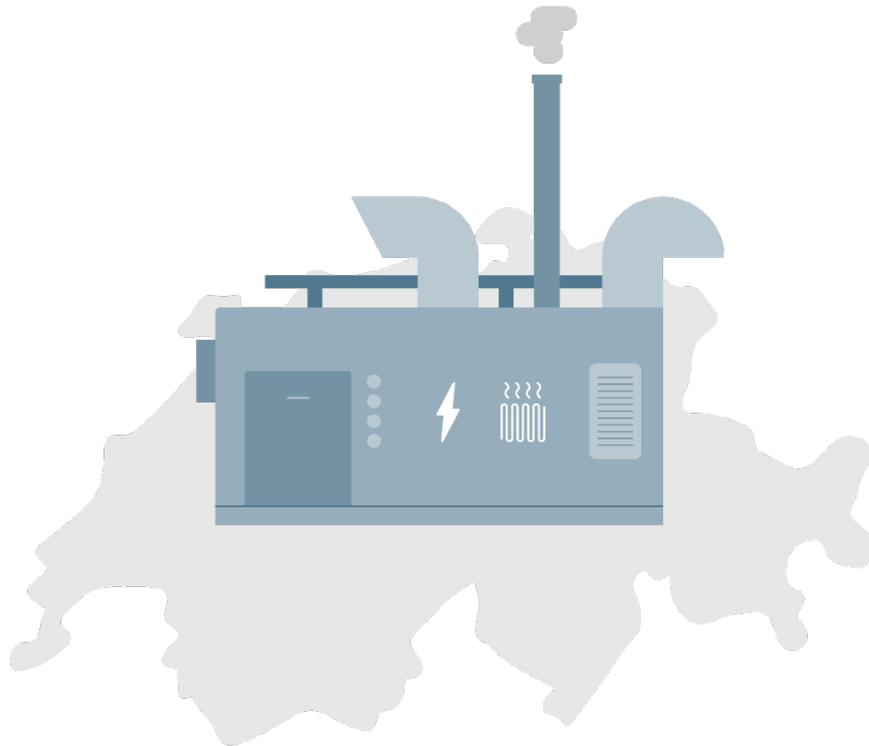




März 2024

Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) Standorte

Evaluationen möglicher Standorte zum Einsatz von WKK-Anlagen als Ersatz von fossilen Heizkesseln in thermischen Netzen und gleichzeitiger Produktion von Strom im Winterhalbjahr





Datum: 27. März 2024

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Abteilung Energiewirtschaft

Auftragnehmerin:

Swisspower AG

Schweizerhof-Passage 7

3011 Bern

Tel. +41 44 253 82 17

vertreten durch Thomas Peyer

BFE-Vertragsnummer: 810009305

Autoren:

Thomas Peyer, Swisspower AG, thomas.peyer@swisspower.ch

Mauro Montella, Swisspower AG, mauro.montella@swisspower.ch

Für den Inhalt sind die Autoren des Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Zusammenfassung

Swisspower wurde vom Bundesamt für Energie (BFE) beauftragt, Standorte für klimaneutrale bzw. erneuerbare WKK-Anlagen im Umfeld von thermischen Netzen zu identifizieren und deren technischen und betrieblichen Eckwerte zu dokumentieren. Dies im Sinne eines Technologiemonitorings und einer Konkretisierung bestehender Potenzialanalysen der Branche¹. In der Schweiz gibt es über fünfzig thermische Netze mit mehr als 15 MW Wärmeleistung pro Standort. Die Standortevaluation beschränkte sich auf rund 28 Standorte, die entweder einen grösseren Wärmeabsatz haben, Prozesswärme benötigen oder den Ausbau thermischer Netze planen. Das Potenzial für WKK-Anlagen, welche fossile Spitzenlastkessel in thermischen Netzen ergänzen, dürfte vermutlich noch höher sein.

An 16 identifizierten Standorten sind die Verhältnisse ideal, um eine WKK-Anlage in den bestehenden Betrieb der Wärmeversorgung zu integrieren. Alle diese thermischen Netze verfügen über einen fossilen Reserve- oder Spitzenlastkessel, dessen Wärmeleistung im Mittellastbereich mit WKK-Abwärme abgedeckt oder ergänzt werden könnte. Ebenfalls sind die Platzverhältnisse günstig und eine Anbindung an die Energienetze vorhanden. Auch existiert an einigen Standorten ein Brennstofflager für Heizöl. Die Betreiber sind meist Kehrlichtverwertungsanlagen oder Fernwärmeversorger. Ein weiteres Merkmal dieser Standorte besteht darin, dass ein Realisierungszeitraum neuer WKK-Anlagen kurz- bis mittelfristig möglich ist (ohne Berücksichtigung der Dauer von Bewilligungsverfahren), wobei die meisten Projekte erst im Stadium der Vorabklärung sind. Abgestützt auf den Bedarf an Wärme ergibt sich an den 16 Standorten eine aggregierte Leistung von 288 MW elektrisch. Insgesamt wurde an den evaluierten 28 Standorten ein mögliches Potenzial von 360 MW elektrisch identifiziert.

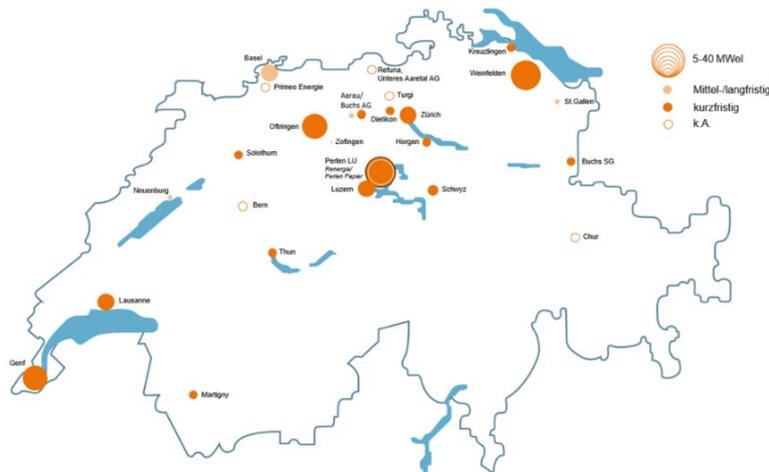


Abbildung 1: Ideale künftige Standorte von grösseren WKK-Anlagen in thermischen Netzen.

Das ausgewiesene Potenzial ergibt sich aus den Planungen der Betreiber. Die Realisierung der Neuanlagen ist jedoch ungewiss, da der wirtschaftliche Betrieb solcher Anlagen nicht überall gewährleistet ist. Da WKK-Anlagen im Vergleich zu fossilen Spitzenlastkesseln bei gleicher Wärmeleistung einen fast doppelt so hohen Brennstoffbedarf aufweisen, da sie zusätzlich auch Strom produzieren, entstehen zusätzliche CO₂-Emissionen. Vor dem Hintergrund der CO₂-Getzgebung sind diese zusätzlichen Emissionen ein relevanter Kostenfaktor für die Betreiber der Anlagen. Hinzu kommt, dass fossile Brennstoffe derzeit kostengünstiger sind als erneuerbare Brennstoffe.

Die in thermischen Netzen integrierten wärmegeführten WKK-Anlagen können zur Winterstromproduktion eingesetzt werden. Auch können sie zur Vorhaltung von abrufbaren Reserven dienen. Eine solche Vorhaltung ist jedoch auf die Monate März bis Mai beschränkt, wenn die thermische Last witterungsbedingt abnimmt. Der Betrieb von WKK-Anlagen in thermischen Netzen ausschliesslich für die ergänzende Winterstromreserve ist für die Betreiber nicht wirtschaftlich.

¹ https://swisspower.ch/content/files/publications/MultiEnergyHub-und-WKK_Swisspower_Bericht.pdf

Résumé

Swisspower a été mandaté par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) d'identifier des emplacements pour des systèmes de cogénération climatiquement neutres ou renouvelables à proximité des réseaux thermiques et de documenter leurs paramètres techniques et opérationnels. Cela s'inscrit dans le sens d'une veille technologique et d'une concrétisation des analyses potentielles existantes dans l'industrie². Il existe en Suisse plus de cinquante réseaux thermiques avec une puissance thermique supérieure à 15 MW par site. L'évaluation des sites s'est limitée à environ 28 sites qui ont une demande de chaleur de confort importante, qui ont besoin de chaleur industrielle ou qui envisagent d'étendre leurs réseaux thermiques. Le potentiel des systèmes de cogénération qui complètent les chaudières fossiles de pointe dans les réseaux thermiques est probablement encore plus élevé.

Les conditions sur 16 sites identifiés sont idéales pour intégrer un système de cogénération dans le réseau thermique existant. Tous ces réseaux thermiques disposent d'une chaudière de pointe ou de réserve, dont la puissance thermique dans la plage de charge moyenne pourrait être couverte ou complétée par la chaleur résiduelle de cogénération. Les emplacements sont également favorables avec des connexions au réseau thermique. Il existe également une installation de stockage de carburant pour le mazout à certains endroits. Les exploitants sont généralement des opérateurs d'usines d'incinération de déchets ou des fournisseurs de chauffage urbain. Une autre caractéristique de ces sites est que de nouvelles centrales de cogénération peuvent être mises en œuvre à court ou moyen terme (sans tenir compte de la durée du processus d'autorisation), même si la plupart des projets n'en sont qu'au stade de planification préliminaire. Sur la base des besoins en chaleur, les 16 sites ont une puissance électrique cumulée de 288 MW. Au total, un potentiel électrique possible de 360 MW a été identifié sur les 28 sites évalués.

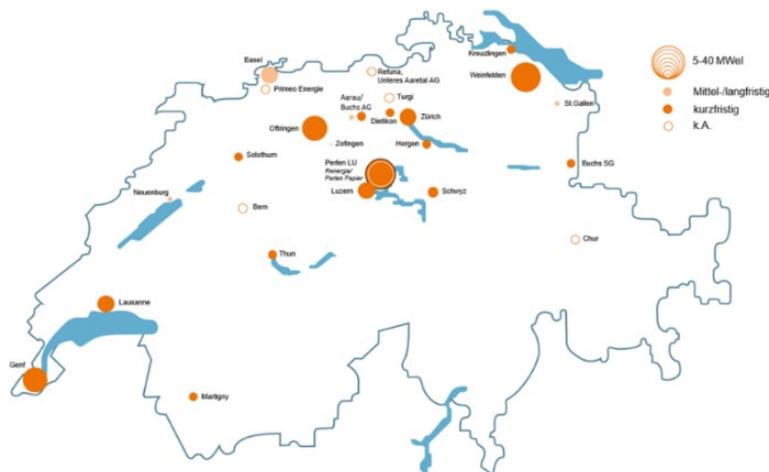


Figure 1: Emplacements futurs idéaux pour les grandes centrales de cogénération dans les réseaux thermiques.

Le potentiel identifié se base sur la planification des opérateurs. Toutefois, la réalisation des nouveaux systèmes est incertaine car leur opération n'est pas garantie d'être économique partout. Étant donné que les systèmes de cogénération nécessitent presque deux fois plus de combustible que les chaudières fossiles de pointe avec la même puissance calorifique, puisqu'elles produisent également de l'électricité avec des émissions de CO₂ supplémentaires. Compte tenu de la législation sur le CO₂, ces émissions supplémentaires constituent un facteur de coût important pour les exploitants des systèmes. De plus, les combustibles fossiles sont actuellement moins chers que les combustibles renouvelables.

Les systèmes de cogénération intégrés aux réseaux thermiques et exploités en mode « chaleur » peuvent être utilisés pour la production hivernale d'électricité. Ils peuvent également participer à la réserve. Toutefois, cette participation est limitée aux mois de mars à mai, lorsque la charge thermique diminue en raison des conditions météorologiques. L'opération des systèmes de cogénération dans des réseaux thermiques exclusivement pour la réserve hivernale n'est pas économique pour les exploitants.

² https://swisspower.ch/content/files/publications/MultiEnergyHub-und-WKK_Swisspower_Bericht.pdf

Inhalt

Zusammenfassung	3
Résumé	4
1 Einführung	6
2 Ausgangslage.....	8
2.1 Neues Gesetz für die Stromreserve	8
2.2 Bisheriges Vier-Säulen-Konzept.....	9
3 Standortidentifikation.....	11
3.1 Technische und betriebliche Voraussetzung.....	11
3.1.1 Präventiver Betrieb von WKK-Anlagen (Säule 2b).....	13
3.1.2 Optimierungspotenzial der Strom- und Wärmenutzung (Multi-Energy-Hub).....	13
3.2 Übersicht Betriebsarten	14
3.2.1 WKK-Einsatzbereich abhängig von Ausbaustand des thermischen Netzes	15
3.2.2 WKK als Übergangslösung im Aufbau von thermischen Netzen	16
3.2.3 WKK-Anlagen als Notstromaggregat.....	17
3.3 Ausbaustand bestehende Wärmenetze	17
3.4 Priorisierung bei der Realisierung	18
3.4.1 Potenzial von modularen Standardlösungen und WKK-Pooling	19
4 Übersicht und Ergebnisse der Standortevaluation.....	20
4.1 Planungsstatus von WKK-Anlagen.....	20
4.2 Ausbaupotenzial thermische Netze	21
4.3 Fehlende Standorte / Abgrenzung.....	21
4.3.1 Nicht identifizierte thermische Netze	21
4.3.2 Industriestandorte mit Kesselanlagen.....	21
4.3.3 Wärmenetze mit Gross-Wärmepumpen	21
5 Anhänge	22

1 Einführung

Ende 2021 empfahl die Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom) dem Bundesrat in ihrer Studie vom 30. November 2021 «Konzept Spitzenlast-Gaskraftwerke zur Sicherstellung der Netzsicherheit in ausserordentlichen Notsituationen»³, die Vorbereitung der Arbeiten für die Beschaffung von zwei bis drei Reservekraftwerken mit bis zu 1'000 MW Leistung an die Hand zu nehmen. Die Studie zeigt, dass im Extremfall über mehrere Wochen ein Strommangel herrschen kann, wobei die fehlende Kraftwerksleistung stark variiert und kurzzeitig bis 6'000 Megawatt erreichen kann. Um eine derart hohe fehlende Leistung mittels Reservegaskraftwerken abzudecken, wäre theoretisch der Zubau von etwa einem Dutzend grösserer Gaskraftwerke nötig, was aus ökonomischen Gründen als nicht zielführend angesehen wird. Gleichzeitig zeigen Simulationen, dass in diesem Szenario eine Hydroreserve allein kaum Wirkung entfaltet, da sie keine zusätzliche Energie in das System einbringt.

Die ElCom hat 2023 ihre Analysen zur mittel- und längerfristigen Stromversorgungssicherheit aktualisiert und empfiehlt basierend darauf eine thermische Reservekraftwerkskapazität im Umfang von mindestens 400 MW für das Jahr 2025 und 700 bis 1400 MW ab 2030. Wegen der grossen Unsicherheiten erachtet sie ein schrittweises Vorgehen als sinnvoll, um den Zubau von Reserven bei Bedarf anpassen zu können⁴.

Als energieeffiziente Alternative zu Gaskraftwerken bietet sich ein kombinierter Einsatz von thermischen Kraftwerken mit einer Hydroreserve an. Thermische Kraftwerke können als WKK-Anlagen oder als rein stromproduzierende Anlagen ausgelegt werden. Aufgrund der Nutzung der Abwärme eignen sich WKK-Anlagen vor allem im Umfeld von thermischen Netzen. Zudem verfügen solche Anlagen über einen sehr hohen Primärenergiekoeffizient⁵, welcher in einer nicht-territorialen Betrachtung zu einem positiven Klimaeffekt beiträgt. Aufgrund ihrer Flexibilität, Schwarzstart- und Inselbetriebsfähigkeit sowie durch die Erbringung von Regelenergie und Momentan-Reserve können WKK-Anlagen einen zusätzlichen Beitrag zur gesamten Versorgungssicherheit leisten. Dezentrale WKK-Anlagen verfügen zudem über eine niedrige Vulnerabilität, weil sich die Bereitstellung von Energie auf mehrere Standorte verteilt.

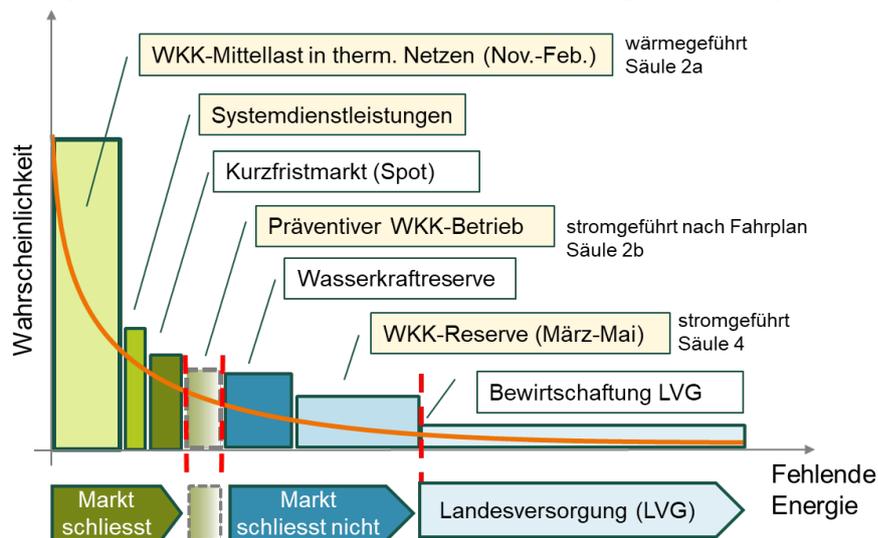


Abbildung 2: Kaskade für den möglichen Einsatz von WKK-Anlagen zur Deckung eines Stromdefizites in einer Mangellage (Schaubild auf Basis Viersäulen-Konzept der Stromversorgungssicherheit des BFE 2021).

³ Abrufbar unter www.elcom.admin.ch

⁴ [ElCom vom 28. Juli 2023](#) - Stromversorgungssicherheit 2025 / 2030 / 2035

⁵ Der Primärenergiefaktor gibt an, wie viel Primärenergie eingesetzt werden muss, um eine bestimmte Menge an Endenergie zu erhalten.

Es ist davon auszugehen, dass im Falle einer Strommangellage die Gefahr eines Black-outs oder eines längeren Stromausfalls massiv steigt. Folglich sollte das Einsatzkonzept von Kraftwerken mit möglichst vielen Massnahmen (siehe auch Kap. 2.4, Vier-Säule-Konzept) ausgestattet sein, welche präventiv eine Mangellage bzw. die Bewirtschaftung auf Basis des Landesversorgungskonzeptes verhindern (Siehe Abbildung 2).

Gasmotoren- oder Gasturbinen-Kraftwerke mit entsprechender Abwärmenutzung im Leistungsbereich von 2 bis 50 MW elektrisch eignen sich für die Sicherstellung der Stromversorgungssicherheit sehr gut, da diese zusätzliche Energie während dem wärmegeführten Betrieb ins System bringen. Im wärmegeführten Betrieb werden Strom und Wärme im Markt abgesetzt. Ausserdem können WKK-Anlagen unter gewissen Voraussetzungen als stromgeführte Reservekraftwerk eingesetzt werden. In thermische Netze integrierte WKK-Anlagen haben zudem den Vorteil, dass der Betrieb dank Wärmespeichern oder Reservekesseln unabhängig vom Wärmebedarf erfolgen kann. Die Einsatzbereitschaft einer WKK-Anlage ist deshalb aufgrund ihrer Flexibilität in bestimmten Konstellationen ähnlich wie bei einem grossen Gaskraftwerk.

Zur Realisierung von WKK-Anlagen in thermischen Netzen, welche in der Mittellast betrieben werden, braucht es jedoch regulatorische Anreize, weil die Betriebszeit dieser Anlagen durchschnittlich unter 2'000 Betriebsvolllaststunden liegen. Der Betrieb gemäss bestehender Winterreserveverordnung schafft zu wenig Anreiz, um solche Anlagen marktwirtschaftlich zu betreiben.

Mit dem Aus- und Neubau von thermischen Netzen ist generell mit einem Wachstum des Wärmebedarfs aus WKK-Anlagen zu rechnen. Wärmenetze sind langfristige Projekte, deren Aufbau in der Regel in mehreren Etappen erfolgt. Sofern die Wirtschaftlichkeit bzw. die Finanzierung einer zusätzlichen stromseitigen Reservekapazität gegeben ist, könnten WKK-Anlagen einen noch höheren Beitrag an die Versorgungssicherheit leisten, indem sie im Winterhalbjahr im Markt sind und so Elektrizität zur Entlastung der Wasserreserve liefern können. In Zeitintervallen, in denen die Anlagen als Reservekraftwerke bzw. ausser Betrieb stehen, können WKK-Anlagen auf Abruf stromgeführt betrieben werden.

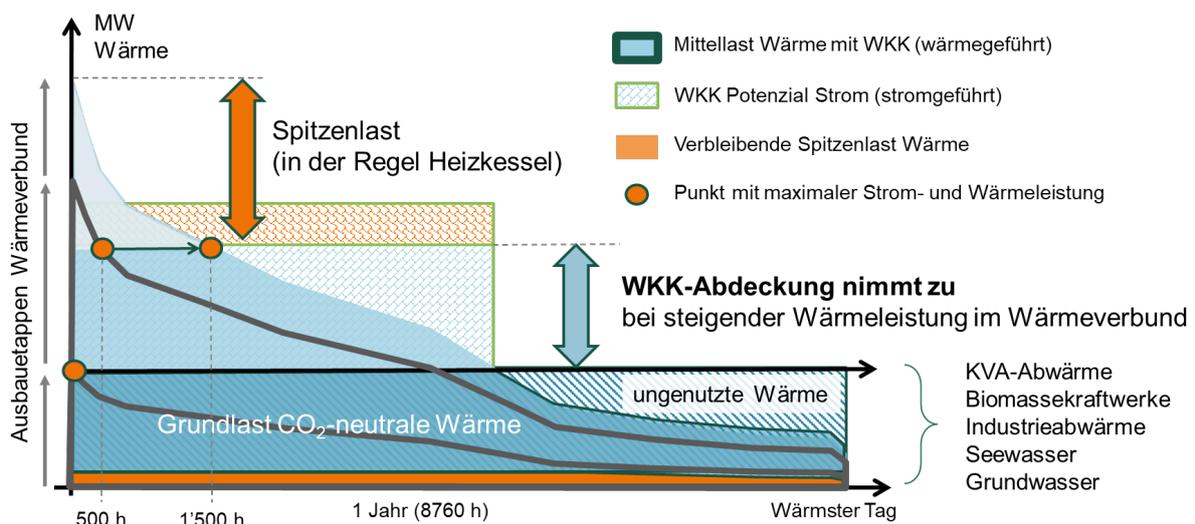


Abbildung 3: Der steigende Wärmeabsatz thermischer Netze erhöht den Einsatzbereich von WKK-Anlagen.

WKK-Anlagen, welche künftig in thermische Netze integriert sind, können mittel- bis langfristig einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Wärmebereichs leisten. Die WKK-Technologie ist daher ein wichtiges Element im Umbau des schweizerischen Energiesystems, insbesondere wenn diese konsequent mit erneuerbaren Brennstoffen betrieben werden.



2 Ausgangslage

Aufgrund der Auswirkungen des Kriegs in der Ukraine auf die Gasversorgung in Europa sowie technischer Probleme in französischen Kernkraftwerken gab es im Winter 2022/23 ein erhöhtes Risiko für die Energieversorgungssicherheit der Schweiz. Der Bundesrat hat deshalb schrittweise eine auf das Winterhalbjahr ausgerichtete Stromreserve aufgebaut. Rechtliche Grundlage dafür ist die Winterreserveverordnung. Diese regelt den Einsatz der Wasserkraftreserve sowie einer ergänzenden thermischen Reserve bestehend aus Reservekraftwerken, gepoolten Notstromgruppen und WKK-Anlagen. Die Winterreserveverordnung und damit auch die darauf basierenden Stromreserven sind bis Ende 2026 befristet.

2.1 Neues Gesetz für die Stromreserve

Das Parlament hat im Bundesgesetz für eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien die gesetzliche Grundlage für eine obligatorische Wasserkraftreserve geschaffen. Diese will der Bundesrat mit gesetzlichen Regelungen zur thermischen Reserve ergänzen. Die verschiedenen Reservekapazitäten für die Stärkung der Versorgungssicherheit erhalten so eine unbefristete gesetzliche Grundlage.

Zentrale Regelungen für die thermische Stromreserve:

- Der Bundesrat kann Zielwerte für die Dimensionierung der einzelnen Bestandteile der Reserve vorgeben. Über die konkrete Dimensionierung bestimmt die Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom).
- Mit Ausnahme der Wasserkraftreserve werden die Teilnehmer grundsätzlich durch Ausschreibungen bestimmt. Notstromgruppen und WKK-Anlagen können unter Bündelung durch einen Aggregator (sog. Pooling) an der Reserve teilnehmen.
- Für die Teilnahme an der Reserve erhalten die Anlagebetreiber ein Entgelt. Werden ihre Reserven abgerufen, erhalten sie eine Entschädigung für die abgerufene Energie.
- Ein Abruf der Reserve ist grundsätzlich erst im Falle einer fehlenden Markträumung möglich (d.h. wenn an der Strombörse für den Folgetag die nachgefragte Elektrizitätsmenge das Angebot übersteigt). Bei kritischen Versorgungssituationen koordiniert der Bundesrat das Zusammenspiel zwischen der Stromreserve und Massnahmen der wirtschaftlichen Landesversorgung.
- Damit die Treibhausgasbilanz nicht belastet wird, kann der Bundesrat Anpassungen im CO₂-Recht treffen, wie die Pflicht zur Teilnahme am Emissionshandelssystem. Zudem kann er verhältnismässige und befristete Ausnahmen beim Umweltschutzrecht und bei kantonalen Betriebsvorschriften vorsehen, falls dies für den Betrieb der Anlagen unabdingbar ist.
- Sämtliche Kosten sind grundsätzlich Teil der anrechenbaren Betriebskosten des Übertragungsnetzes und werden deshalb auf alle Endverbraucherinnen und Endverbraucher überwältzt.

Förderung von WKK-Anlagen

Aufgrund einer Motion der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrats (23.3022 Mo. UREK-N) wurde die Förderung von WKK-Anlagen, die nicht an der Stromreserve teilnehmen, im Gesetzesentwurf (Energiegesetz) aufgenommen. Zur Verfügung stehen Investitionsbeiträge von jährlich 20 Millionen Franken über einen Zeitraum von zehn Jahren. Die neuen WKK-Anlagen sollen im Winterhalbjahr eine zusätzliche Strommenge von rund 400 GWh bereitstellen. Die Finanzierung erfolgt über den Netzzuschlagfonds, der dafür jedoch nicht erhöht wird, was zulasten der Förderung der erneuerbaren Energien aus dem Fonds geht. Gefördert werden sollen demnach wärmegeführte WKK-Anlagen in neuen sowie in bestehenden Wärmeverbänden, wenn sie dort fossile Spitzenlastkessel ersetzen oder ergänzen. Die WKK-Anlagen müssen zudem die Wärme nutzen, hauptsächlich im Winter betrieben werden, mit erneuerbaren Energieträgern laufen oder andernfalls am Emissionshandelssystem teilnehmen bzw. die Emissionen anderweitig kompensieren. Neu soll zudem die CO₂-Abgabe auf

Brennstoffen, die in WKK-Anlagen nachweislich für die Stromproduktion eingesetzt wurden, vollumfänglich und nicht nur teilweise zurückerstattet werden. Eine Förderung von WKK-Anlagen kompensiert unter anderem die Mehrkosten für erneuerbare Energieträger oder CO₂-Kompensationskosten.

Das Gesetz wird im laufenden Jahr 2024 in den Kommissionen des Parlaments behandelt werden.

2.2 Bisheriges Vier-Säulen-Konzept

Das bisherige Konzept des Bundesamts für Energie zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit basierte auf vier Säulen (ergänzt Schaubild aus dem Jahr 2022 unten). Die entsprechenden Massnahmen innerhalb der einzelnen Säulen sind entweder bereits initiiert worden oder sollen nun im Rahmen der Gesetzesänderung für die Stromreserve im Parlament beraten werden.

Nachfolgend wird aufgezeigt, wie und an welchen Standorten mit Einsatz der WKK-Technologie die inländische Energieversorgung gestärkt und die Versorgungssicherheit gesteigert werden kann.

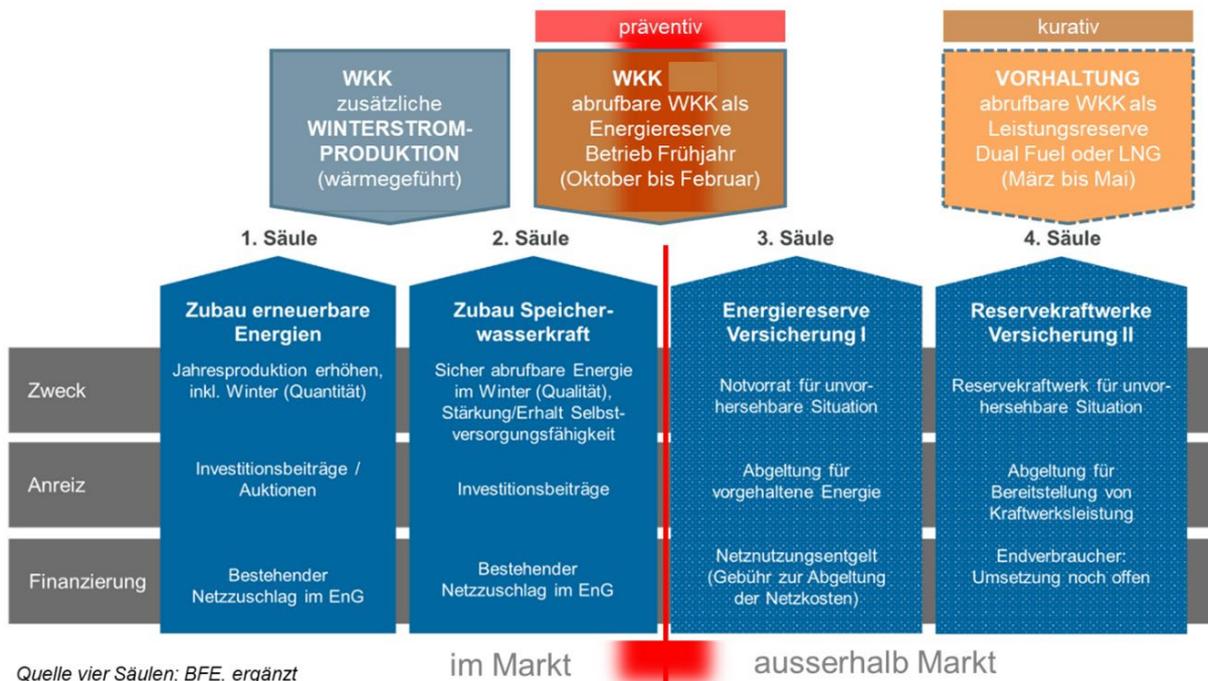


Abbildung 4: Sicherstellung der Stromversorgung – vier Säulen Konzept (BFE)

Säule 1: Enthält Massnahmen, welche im Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien (Mantelerlass) verankert worden sind. Im Mittelpunkt stehen der beschleunigte Ausbau sowie die Weiterführung der Förderung der erneuerbaren Energien bis 2035. Der Zubau wird über den bestehenden Netzzuschlag im Energiegesetz finanziert (2.3 Rp./kWh).

Säule 2: Sieht den beschleunigten Ausbau der Grosswasserkraft vor. Bis 2040 soll die Winterstromproduktion aus Erneuerbaren Energien um 6 TWh ausgebaut werden, wovon 2 TWh sicher abrufbar aus Speicherwasserkraft sein müssen. Im Fokus stehen dabei insbesondere die 15 Projekte, auf welche sich der Runde Tisch Wasserkraft geeinigt hat, und das Kraftwerk Chlus, die von einem erleichterten Bewilligungsverfahren profitieren sollen. Die bestehenden Förderinstrumente werden durch die gleitende Markprämie ergänzt (u.a. Wahlrecht zwischen Investitionsbeiträgen und gleitender Marktpremie).

Säule 3: Der Bundesrat hat Ende Januar 2023 die Verordnung über die Errichtung einer Energiereserve für den Winter (Winterreserveverordnung, WResV) gutgeheissen und per Mitte Februar 2023 in Kraft



gesetzt (auf Basis StromVG und LVG). Die ElCom hat die Eckwerte für diese Energiereserve in Form einer Wasserkraftreserve definiert. Für den Winter 2022/23 wurde eine Wasserkraftreserve im Umfang von 400 GWh festgelegt. Die Dimensionierung der Reserve soll sicherstellen, dass gegen Ende des Winters bei erhöhtem Verbrauch und einer reduzierten Verfügbarkeit inländischer Kraftwerke, sowie verminderten Importmöglichkeiten die Versorgungsfähigkeit, während einer Phase von wenigen Wochen gewährleistet werden kann.

Säule 4: Die Winterreserveverordnung regelt neben dem Einsatz der Wasserkraftreserve (Säule 3) auch die so genannte ergänzende Reserve, bestehend aus Reservekraftwerken, gepoolten Notstromgruppen und WKK-Anlagen. Die ersten Kraftwerke (Birr, Cornaux, Monthey) wurden bereits installiert. Deren Einsatzbereitschaft ist bis Mai 2026 geregelt. Weiter wurden bereits gepoolte Notstromgruppen unter Vertrag genommen (Stand März 2024). Die Pooler koordinieren im Auftrag des Bundes ein virtuelles nationales Reservekraftwerk aus Notstromgruppen, die von ihren Besitzern freiwillig gegen eine Entschädigung zur Verfügung stellen. Die thermische Reserve wird mit der laufenden Revision des StromVG auf eine unbefristete, spezifische formell-gesetzliche Grundlage gestellt (vgl. Kapitel 2.1).

3 Standortidentifikation

WKK-Anlagen können sowohl im Wärme- als auch im Strombereich zur Entlastung der Versorgungssituation der Schweiz im Winterhalbjahr beitragen.

WKK-Anwendungen machen vor allem im Umfeld von bestehenden oder neu geplanten Wärmenetzen Sinn. Aktuelle existieren mehrere thermische Netze an Standorten mit Kehrrechtverwertungsanlagen (KVA), Holzheizkraftwerken (HHKW) oder grossen Wärmezentralen mit Wärmepumpen. In verschiedenen Vorarbeiten^{6 7} konnte aufgezeigt werden, dass wärmegeführte WKK-Systeme anstelle von reinen Wärmeerzeugern (Spitzenlastkessel) in KVA und HHKW einen wesentlichen Beitrag an die Winterstromproduktion leisten können. Gleichzeitig sparen diese Anlagen durch eine viel effizientere Nutzung des Brennstoffes gegenüber reinen Gas- oder Kohlekraftwerken Primärenergie ein.

Im wärmegeführten Betrieb leisten diese WKK-Anlagen einen wesentlichen Beitrag an die Winterstromproduktion. Beispielsweise ist bei 200 MW elektrisch mit ca. 400 GWh/a zusätzlichem Winterstrom zu rechnen. Auf dieser Basis erteilte das BFE der Swisspower den Auftrag, mögliche Standorte für den Betrieb von WKK-Anlagen innerhalb des Vier-Säulen-Konzepts der Energieversorgungssicherheit zu identifizieren. Dazu sollen Faktenblätter zu jedem einzelnen Standort mit den entsprechenden Informationen erstellt werden. Weiter beinhaltet das Mandat das Erstellen einer Shortlist von rund 16 geeigneten Standorten sowie die Identifikation, in welchem Zeitraum die Projekte umgesetzt werden könnten.

3.1 Technische und betriebliche Voraussetzung

Grössere Wärmenetze werden im Normalfall über mehrere Wärmequellen versorgt. Dabei wird zwischen Grundlast, Mittellast und Spitzenlast unterschieden. Die Grundlast erfolgt meist über einen erneuerbaren Energieträger bzw. über Abwärmenutzung. Mittel- und Spitzenlast sind in der Regel über fossile Kesselanlagen abgedeckt. Aktuell beträgt der jährliche Brennstoffbedarf zur Spitzenlastabdeckung rund 2.5 TWh. Dies entspricht rein rechnerisch einem WKK-Potenzial von rund 1.5 bis 2.0 TWh/a Abwärme bzw. in etwa gleich viel Winterstrom.

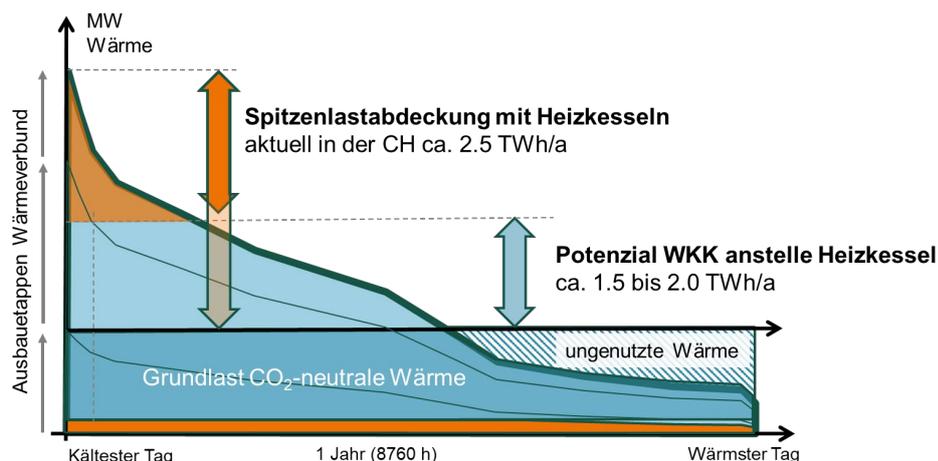


Abbildung 5: repräsentative Auslegung thermisches Netz mit WKK-Anlage in der Mittellast (Jahresdauerlinie)

⁶ [Multi-Energy-Hub mit WKK, Swisspower \(März 2023\)](#)

⁷ [Zukunftsstrategie für die Wärme-Kraft-Kopplung, Bericht Bundesrat \(Dez. 2022\)](#)

Anstelle der fossilen Spitzenlastabdeckung soll dieser Wärmebedarf bei tiefen Aussentemperaturen mehrheitlich mit der klimaneutralen WKK-Technologie bereitgestellt werden. Es werden durchschnittlich 2'000 Betriebsvolllaststunden angestrebt. Die Anbindung an ein thermisches System ermöglicht es, mit der WKK-Anlage unterschiedliche Betriebsarten abzudecken.

Dabei gilt es zwischen den Perioden November bis Februar, März bis Mai und Juni bis Oktober zu unterscheiden. Je nachdem werden WKK-Anlagen entweder für die primäre Erzeugung von Wärme oder von Strom betrieben. Zudem erlauben es diese Anlagen, ohne grössere Zusatzinvestitionen Leistungs- oder Energiereserven im Sinne eines Reservekraftwerkes vorzuhalten bzw. ausserhalb der Verfügbarkeitsperioden sekundäre Regelenergie bereitzustellen, sofern genügend Wärmespeicher bzw. thermische Reserveleistung zur Verfügung stehen. Energiereserve und Regelenergie (SDL) können nicht gleichzeitig angeboten werden. Deshalb sind die erwähnten Verfügbarkeitsperioden von Relevanz.

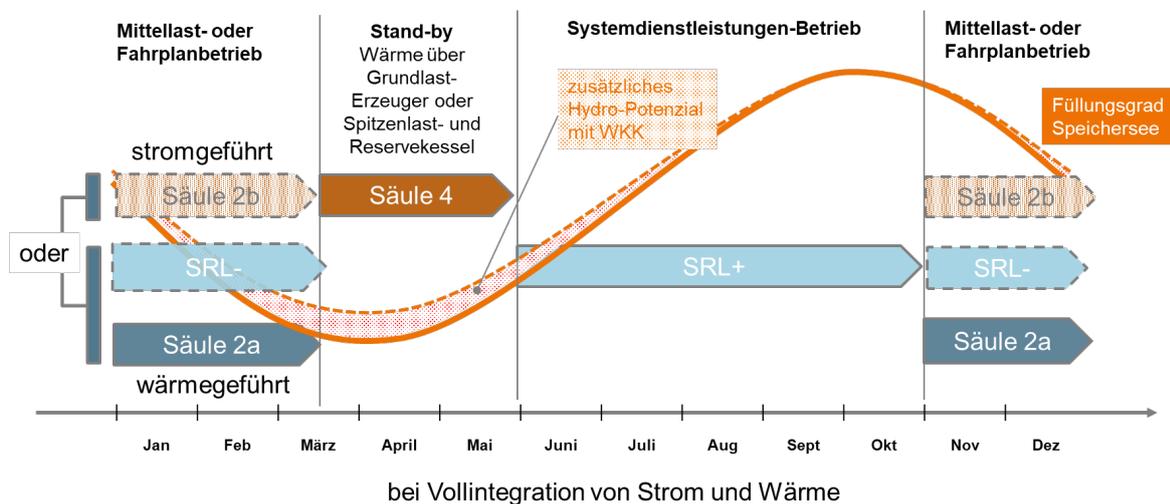


Abbildung 6: Betriebsarten WKK im Kontext der Wasserkraftreserve

In der Zeit des wärmegeführten Betriebes (November bis Februar) können WKK-Anlagen entweder innerhalb eines 24h- oder eines wöchentlichen Fahrplanes je nach Bedarf für den wärme- oder stromgeführten Betrieb eingeplant werden. Je nach Ausbaustand der Flexibilitäten eines Wärmenetzes und abhängig von der Aussentemperatur können WKK-Anlagen mehr oder weniger Reservekapazität bereitstellen. Bei genügend Flexibilitäten kann eine fahrplanorientierte Betriebsart sehr individuell je Standort gestaltet werden. Es kann von einer täglichen Verfügbarkeit je nach Aussentemperatur von z.B. 12 bis 16 Stunden ausgegangen werden.

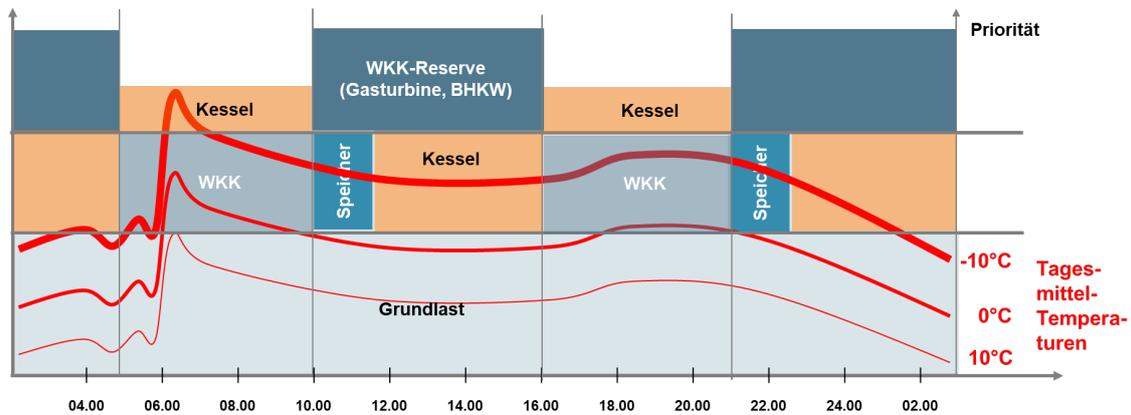


Abbildung 7: musterhafte Fahrplanmanagement einer WKK-Anlage

Viele thermische Systeme sind bereits mit Wärmespeichern ausgerüstet. Je nach Leistungswärmebedarf kann im Fahrplanmodell die Abwärmenutzung weiter optimiert werden. So gelingt es, die Effizienz zu steigern und die CO₂-Emissionen möglichst tief zu halten.

Ob der Spitzenlastkessel überhaupt in Betrieb gehen muss, hängt stark von der Aussenlufttemperatur ab. Der Wärmebedarf ist ebenfalls eine Sollgrösse für die Priorisierung zwischen WKK-Anlagen- und Kesselbetrieb. Ein WKK-Fahrplanbetrieb ist deshalb sinnvoll, wenn beispielsweise Prozessenergie bereitgestellt wird, die je nach Produktionsplan unterschiedlich sein kann (z.B. reduzierte Wärmeleistung über das Wochenende).

Fazit: Damit eine WKK-Anlage in einem thermischen Netz für die Reserve eingesetzt werden kann, muss genügend Flexibilität vorhanden sein. Dies bedeutet, dass in der Verfügbarkeitsperiode, in welcher die Anlage nur auf Abruf läuft, der ohnehin vorhandene Heizkessel die Wärmelast im Netz erzeugen muss, um die thermische Leistung der WKK-Anlagen zu ersetzen.

3.1.1 Präventiver Betrieb von WKK-Anlagen (Säule 2b)

Rückt die Stromversorgungssicherheit in kritischen Zeiten in den Vordergrund, wäre auch denkbar, die WKK-Anlagen im Sinne eines präventiven Einsatzes über mehrere Wochen stromgeführt zu betreiben. Die WKK-Abwärme würde trotz stromgeführten Betriebes mehrheitlich genutzt werden können, weil der Strombedarf unter anderem auch mit der Aussenlufttemperatur zusammenhängt. Falls WKK-Anlagen Wärmeleistung der Grundlastherzeuger verdrängen, hat dies einen zusätzlichen positiven Effekt auf die Gesamtstromproduktion. Bei KVA und Biomassekraftwerken führt dies zu weniger Dampfentnahme an der Turbine bzw. zu mehr Stromeinspeisung ins Netz. Auch möglich ist, dass die Gross-Wärmepumpen keinen oder weniger Strom beziehen, weil die Wärme mit der WKK-Anlage erzeugt wird, womit das Stromnetz doppelt entlastet wird.

3.1.2 Optimierungspotenzial der Strom- und Wärmenutzung (Multi-Energy-Hub)

Grosses Optimierungspotenzial ist zudem im Aufbau von Wärmespeichern vorhanden, weil damit die WKK-Abwärme zwischengespeichert und die Stromerzeugung vom Wärmebedarf entkoppelt werden kann. Dies erhöht die Flexibilität sowohl bei der Stromerzeugung als auch bei der Wärmebereitstellung.

In diesem Zusammenhang sind auch stromseitige Flexibilitäten, wie etwa ein Elektrodenkessel oder Elektrolyse zur Wasserstoff-Herstellung, zu betrachten, welchen den Eigenstromverbrauch sehr flexibel an die Verhältnisse im Stromnetz adaptieren können und gleichzeitig die entstehende Wärme speichern oder nutzen.



3.2 Übersicht Betriebsarten

Der Einsatzbereich von WKK-Anlagen ist vielseitig und hängt primär mit der Betriebsweise und den geltenden Rahmenbedingungen zusammen. Es ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob die WKK-Anlage im Markt Energie und Leistung bereitstellt oder ob die WKK-Anlage als Reservekraftwerk (RKW) zum Einsatz kommt, wenn der Markt nicht mehr in der Lage ist, Angebot und Nachfrage auszugleichen. Zwischen diesen beiden Betriebsweisen gibt es noch eine Mischform, die präventive Bereitstellung von Strom und möglichst optimaler Nutzung der Wärme.

In Wärmenetze integrierte WKK-Anlagen können wahlweise wärmegeführt oder stromgeführt betrieben werden.

Nachfolgend werden die vier Funktionen von WKK-Anlagen im Energiesystem beschrieben:

Betriebsart	Abk.	Beschreibung
Winterstrom wärmegeführt (WSW)	WKK-WSW	In der Heizsaison wird die WKK-Anlage entlang dem Wärmebedarf betrieben. Die Wärmegrundlast wird in der Regel durch eine KVA, Biomassekraftwerk oder andere erneuerbare Wärmequelle abgedeckt.
Systemdienstleistung	WKK-SDL	In gewissen Perioden kann die WKK-Anlage je nachdem positive oder negative Vorhalteleistung bzw. Regelenergie bereitstellen.
Winterstrom stromgeführt (WSS)	WKK-WSS	Die Bereitstellung mit maximaler Stromproduktion erfolgt präventiv. In entsprechenden Verfügbarkeitsperioden können WKK-Anlagen als abrufbare ergänzende Reserve stromgeführt betrieben werden. Diese Betriebsart wird nach Fahrplan oder über eine gewisse Periode von den Behörden verordnet. Es ist noch keine Strommangellage eingetroffen.
ergänzende Reserve	WKK-RKW	WKK-Anlagen können während einer Verfügbarkeitsperiode von März bis Mai als ergänzende Reserve in der Säule 4 abgerufen werden, sofern genügend thermische Leistung vorhanden ist. Aus Versorgungssicherheit sind solche Anlagen mit Dual-Fuel auszulegen.

Zusammenfassend gilt es folgende Betriebsarten zu unterscheiden:

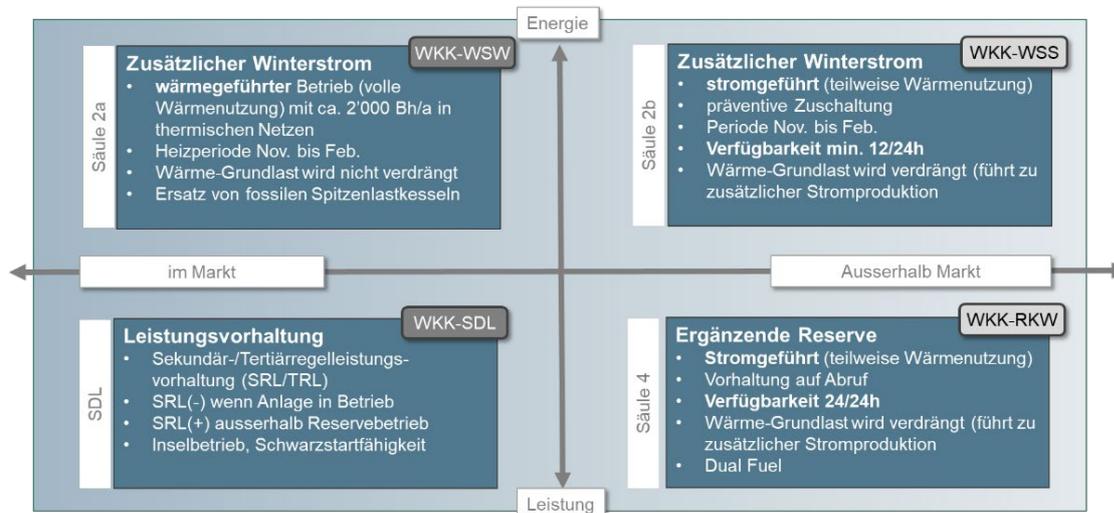


Abbildung 8: Betriebsarten von in thermischen Netzen integrierten WKK-Anlagen

3.2.1 WKK-Einsatzbereich abhängig von Ausbaustand des thermischen Netzes

Bezüglich der Eignungskriterien von einzelnen Standorten für WKK-Anlagen ist zu unterscheiden, ob das thermische Netz ausgebaut oder noch in Planung ist.

- Netze, die bereits über eine hohe fossile Spitzenlastabdeckung ohne WKK-Anlagen verfügen, können in sämtlichen Betriebsarten gemäss Kap. 3.2 betrieben werden. Diese Systeme eignen sich am besten für den wärmegeführten WKK-Betrieb in der Heizsaison.
- Netze, die sich im Aufbau befinden, aber bereits genügend thermische Leistung durch eine KVA oder ähnlich haben, verfügen noch über wenig Spitzenlastbedarf. Deshalb würden solche Anlagen in einer ersten Phase für den Reservebetrieb (Säule 4) eignen, weil diese in der entsprechenden Verfügbarkeitsperiode nicht zwingend laufen muss. Mit zunehmendem Ausbau der

Hausanschlüsse im Fernwärmenetz wechseln diese WKK-Anlagen in den wärmegeführten Winterstrombetrieb und liefern thermische Mittellast bei gleichzeitiger Stromproduktion für den Markt.

- In nicht seltenen Fällen sind Wärmenetze erst in der Planungsphase. In geplanten Netzen können WKK-Anlagen als Übergangslösung einzelne dezentrale Teilnetze mit fossiler Wärme versorgen. Dieser Einsatzbereich wird im nachfolgenden Kapitel noch näher beschrieben. Der gleichzeitige Einsatz von WKK-Anlagen für die Wärmeabgabe an einen Wärme-Cluster und/oder die Bereitstellung von Strom und Wärme für einen Industriekunden hat ein grosses Synergiepotenzial. In diesem Falle können die gleichen WKK-Anlagen Leistungen abdecken, die sowohl wärme- als auch stromgeführt betrieben werden können und somit die Versorgungssicherheit eines produzierenden Betriebes bis hin zu einem allfälligen Inselbetrieb sicherstellen können.

3.2.2 WKK als Übergangslösung im Aufbau von thermischen Netzen

Der Wärmebedarf in einem thermischen Netz wächst aufgrund zunehmender Hausanschlüsse über die Jahre an. Ein Vollausbau wird aufgrund des Erneuerungsintervalls von Heizungen frühestens nach 15 bis 20 Jahren erreicht.

Viele thermische Netze in der Schweiz sind noch im Aus- bzw. Aufbau. Deshalb wird meistens nicht die volle Wärmeleistung bei Betriebsaufnahme installiert. Die Spitzenlastkessel sind jedoch in der Regel bereits eingebaut, weil im Falle eines Ausfalls der Grundlastversorgung eine Redundanz mit einem Reservekessel vorhanden sein muss. In der Regel sind diese Heizkessel sowohl als Spitzenlastkessel als auch als Reservekessel konzipiert, falls die CO₂-neutrale Primärenergiequelle ausfällt.

Folglich ergibt sich in solchen Fällen für WKK-Anlagen im Mittellastbereich weniger Volllastbetriebsstunden (siehe Abbildung WKK-Mittellast <500 Bh/a). Speziell diese WKK-Anlagen würden sich für einen Reserve-Betrieb (Säule 4) noch besser eignen, weil mit einer längeren Verfügbarkeitsperiode im stromgeführten Betrieb gerechnet werden kann.

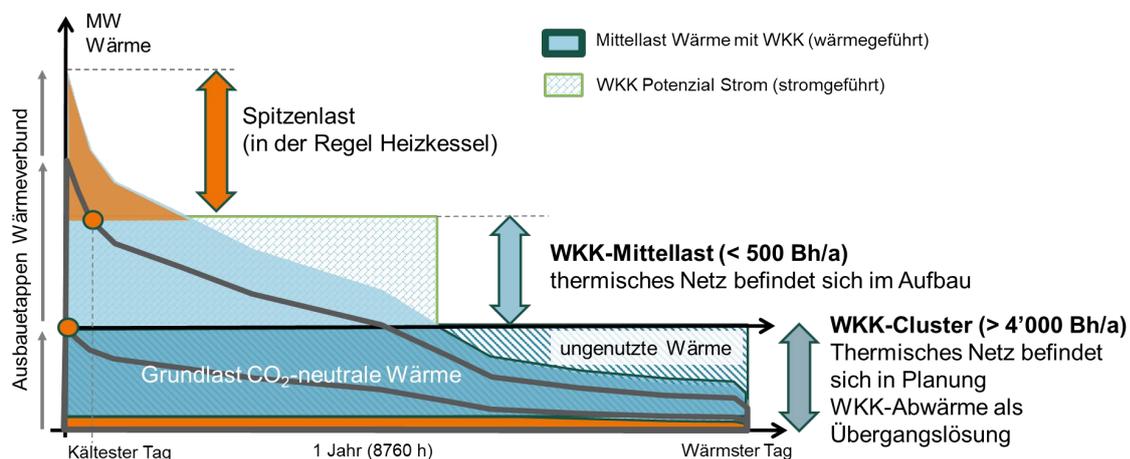


Abbildung 9: WKK-Betriebsweise bei Übergangslösung im Aufbau von Wärmenetzen

WKK-Anlagen können auch als Übergangslösung⁸ als Grundlast (WKK-Cluster) eingesetzt werden, bis eine entsprechende CO₂-neutrale Hauptwärmequelle (z.B. Seewasser, KVA, etc.) aufgebaut ist. Man spricht in diesem Fall von Wärmeinseln, die dezentral und idealerweise im Umfeld von produzierenden Industriebetrieben mit hohem Strom- und Wärmebedarf aufgebaut werden. Einerseits können so hohe Strom- und Wärmeverbräuche im Falle einer Mangellage teilweise oder im Inselbetrieb gedeckt werden. Andererseits steht die WKK-Abwärme auch für den Aufbau von Wärme-Clustern zur Verfügung. So wird

⁸ [RES-DHC_CH-4 Leitfaden_Uebergangslösungen.pdf \(thermische-netze.ch\)](#)



es ermöglicht, Teilnetze in Etappen auszubauen und später zu einem Gesamtnetz zu verbinden. Zum Zeitpunkt des Zusammenschlusses wird die Grundlast durch eine alternative und CO₂-neutrale Wärmequelle bereitgestellt. Die WKK-Anlage übernimmt dann den Mittellast- bzw. Spitzenlastbetrieb. Dieser Vorschlag liegt z.B. dem Wärmeversorgungskonzept in Kreuzlingen zu Grunde. Die Stadt Kreuzlingen beabsichtigt, künftig Seewasserwärme und KVA-Abwärme aus Weinfelden zu nutzen. Bis eine Versorgung ab diesen Quellen möglich sein wird, sollen Wärmeinseln aufgebaut und mit WKK-Anlagen versorgt werden.

3.2.3 WKK-Anlagen als Notstromaggregat

WKK-Anlagen zur lokalen Versorgung von Industriebetrieben, die faktisch nur als Notstromaggregat betrieben werden, sind wohl die teuerste Lösung, weil sie nur im Notfall betrieben werden. Die Wärmenutzung ist sekundär, lässt sich aber in einzelnen Anlagen sicher auch verwerten. Dabei kann sie in einer effektiven Mangellage zur Aufrechterhaltung eines Industriebetriebes beitragen, welche auf Strom und Wärme angewiesen sind und so einen hohen volkswirtschaftlichen Nutzen erzeugen.

3.3 Ausbaustand bestehende Wärmenetze

Der Ausbaustand der Wärmenetze ist sehr unterschiedlich. Dies hat zur Folge, dass der Einsatz einer WKK-Anlage im wärmegeführten Betrieb mehr oder weniger Betriebsstunden ausweist. Alle thermischen Netze sind noch nicht an ihrer hydraulischen Kapazitätsgrenze, weshalb in der Regel mit einer Zunahme der Spitzenlastabdeckung zu rechnen ist. Der Grad dieses Wachstums in thermischen Netzen hat somit direkt einen Einfluss auf die Betriebsweise einer WKK-Anlage.

Wärmenetze werden stetig ausgebaut. Der Absatz eines thermischen Netzes orientiert sich insbesondere bei der Komfortwärme am Intervall eines Heizungsersatzes einer Liegenschaft. Ein Vollausbau eines Netzes ist demnach in den meisten Fällen noch gar nicht erreicht worden, weil hierzulande die Erschliessung thermischer Netze im Vergleich zum Ausland noch nicht weit fortgeschritten ist. Durch zusätzliches Abwärme-Potenzial aus WKK-Anlagen besteht die Möglichkeit, die Wärmeverbunde weiter zu vergrössern. Dadurch kann die CO₂-neutrale Grundlastenergie noch besser genutzt werden. Insgesamt spielen thermische Netze in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und in der Transformation der Gasinfrastruktur eine wichtige Rolle. Dies hat der Bundesrat mit einer Potenzialanalyse von Fernwärme- und Fernkälteanlagen innerhalb des Postulats 19.4051⁹ aufgezeigt.

In den Gesprächen mit den Betreibern der Fernwärmenetze bzw. der Wärmeerzeugung wurden deshalb die Plandaten erfasst und ins Verhältnis zu den heutigen Wärmeabsätzen gesetzt. Die Ausbaustände der thermischen Netze und damit des Spitzenlastbedarfs werden nach den folgenden drei Typen unterschieden:

⁹ [Bundesrat verabschiedet Bericht zum Potenzial einer klimaneutralen Wärmeversorgung mit Fernwärmenetzen \(admin.ch\)](#)

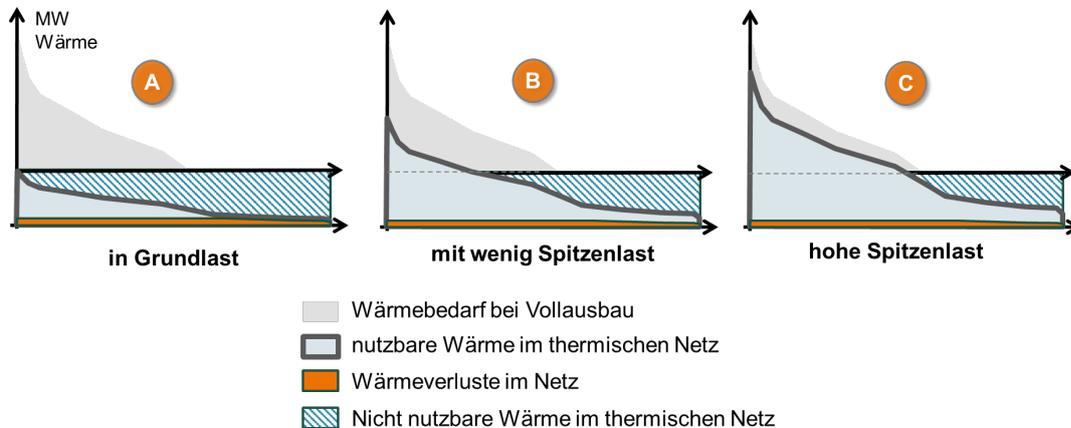


Abbildung 10: Typisierung der Wärmenetze nach Bedarf der Spitzenlast und Ausbaustand

- Anlagen des Typ A haben noch keinen oder geringen Spitzenlastbedarf. Der stetige Ausbau der Fernwärme führt zu einem höheren Wärmeleistungsbedarf. Eine WKK-Anlage deckt den zunehmenden Wärmeleistungsbedarf mit weniger als 500 Betriebsvolllaststunden ab.
- Typ B verfügt über einen mittleren Spitzenleistungsbedarf mit ca. 500 bis 1'500 Betriebsvolllaststunden.
- Und Typ C entspricht der Auslegung einer WKK-Anlage im thermischen Netz, um bei Vollausbau den Mittellastbereich mit ca. 1'500 bis 2'500 Betriebsvolllaststunden abzudecken.
- Im Weiteren wird auch noch der Typ D beschrieben. Hier handelt es sich um WKK-Cluster, die anfänglich den Wärmebedarf (Grundlast) als Übergangslösung abdecken und erst bei Erschliessung und Inbetriebnahme der Hauptwärmequellen (KVA, etc.) zur Spitzenabdeckung eingesetzt werden.

3.4 Priorisierung bei der Realisierung

Das Potenzial für WKK-Anlagen als Wärmequelle lässt sich grob in drei Bereiche unterteilen:

- Bestehende WKK-Anlagen
- Neuanlagen im Industriebereich (mit Möglichkeit der Abwärmenutzung)
- Neuanlagen zur Spitzen- und Mittellastabdeckung in thermischen Netzen

Je nach Standort können die Anlagen aus technischer und betrieblicher Sicht mehr oder weniger rasch realisiert werden. Die wirtschaftlichen und bewilligungstechnischen Rahmenbedingungen wurden im vorliegenden Bericht nicht einkalkuliert, weshalb die Realisierungszeiten eine rein technische Betrachtung sind.

Bestehende WKK-Anlagen könnten mit allfälligen Nachrüstungen innert ein bis zwei Jahren zur Bereitstellung von Reservekapazitäten genutzt werden (Säule 4). Im Rahmen dieser Studie wurde dieses Potenzial, sowie das Potenzial im Umfeld von Industriebetrieben, nicht vertieft betrachtet. Im Industriesektor wird jedoch weiteres Potenzial vermutet. In der Regel werden diese Anlagen als Notversorgung konzipiert und stehen deshalb nicht für die Einspeisung ins öffentliche Netz zur Verfügung.

Der Fokus dieser Studie liegt bei der WKK-Anwendung in thermischen Netzen. Aufgrund des unterschiedlichen Ausbaustandes der Wärmenetze können die Einsatzbereiche der WKK-Anlagen je nach Standort anfänglich voneinander abweichen.



Kat.	Beschreibung	Haupteinsatzbereich
A	Neuanlagen als Spitzen-/Mittellastbetrieb in thermischen Netzen <500 Bh/a	Stromreserve (Säule 4) und präventiver Betrieb (2)
B	Neuanlagen in thermischen Netzen mit ca. 500-1'500 Bh/a.	Präventiver Betrieb (Säule 2) und Stromreserve (Säule 4)
C	Neuanlagen in thermischen Netzen mit ca. 1'500-2'500 Bh/a (KVA, Biomassekraftwerk) mit zusätzlichem Potenzial durch höhere Stromeinspeisung der Grundlastherzeuger	Wärmegeführter Betrieb (Säule 2) sowie präventiver Betrieb nach Fahrplan (Säule 2) und Stromreserve von März bis Mai (Säule 4)
D	Neuanlagen als Cluster-Übergangslösung für Aufbau Wärmenetz mit anfänglich >4'000 Bh/a (danach je nach Netzausbau Einsatzbereich A, B, C)	Wärmegeführter Betrieb (Säule 2)

Die Priorisierung der geeigneten Standorte wurde nach den folgenden Kriterien vorgenommen:

1. Grösse der Anlagen – je mehr potenzielle Wärmeleistung, desto höher die Priorität
2. Winterstromenergie und Energieeffizienz; Anlagen mit hohem Anteil an fossiler Spitzenlast im thermischen Netz (Kategorie C)
3. Hohes Ausbaupotential der thermischen Netze und damit hoher Wärmeleistungsbedarf (Kategorien A und B)
4. Dekarbonisierungspotenzial; Übergangslösung im Aufbau von thermischen Netzen (Kategorie D)

Im Hinblick auf einen raschen Zubau von grösseren WKK-Kapazitäten müssen vor allem die Standorte im Umfeld von KVA und Biomassekraftwerken priorisiert werden. Aufgrund des hohen Potenzials an Wärmenutzung wird diese Anwendung die wirtschaftlichste und klimafreundlichste sein. In Bezug auf einen hohen Anteil an Reservekapazität sind WKK-Anlagen in Kombinationen mit Gross-Wärmepumpen am wirksamsten. Dieses Potenzial wurde aber nicht vertieft untersucht.

3.4.1 Potenzial von modularen Standardlösungen und WKK-Pooling

Der Bau von WKK-Anlagen könnte mittels einem standardisierten und modularen Anlagenbaukonzept wesentlich optimiert werden. Die Bedingungen hierzu wurden an den Standorten nicht im Detail abgeklärt, mit einzelnen Herstellern wurden jedoch Gespräche geführt. Es wäre sicher mit Kosteneinsparungen bei den Investitionen bzw. beim Engineering zu rechnen. Gleichzeitig ist das Pooling solcher Neuanlagen zu einem virtuellen Kraftwerk in der weiteren Planung zu betrachten.

4 Übersicht und Ergebnisse der Standortevaluation

Die Identifikation von potenziellen Standorten erfolgte auf Basis der Liste von thermischen Netzen. In erster Linie wurden die Betreiber der grossen Wärmenetze kontaktiert; insgesamt wurden im Rahmen der Evaluation 28 Standorte betrachtet.

An 16 Standorten wurden ideale Verhältnisse für den Neubau von WKK-Anlagen identifiziert. Bei den meisten sind bestehende Wärmenetze vorhanden. Die WKK-Anlagenkonzepte wurden von den meisten Betreibern bereits projektiert. Abgestützt auf den Angaben der Betreiber und dem Bedarf an Wärme ergibt sich eine aggregiertes Leistungspotenzial von 288 MW elektrisch, welches innert zwei bis drei Jahren rein technisch – ohne Berücksichtigung der Dauer von Bewilligungsverfahren – realisierbar wäre. Inklusive der Standorte, die bei Investitionssicherheit auch mittel- bis langfristig umgesetzt würden, beträgt das Potenzial rund 360 MW elektrisch. Nach Auskunft der Betreiber ist eine Umsetzung der geplanten WKK-Anlagen ohne Unterstützung des Bundes mit Investitionsbeiträgen unsicher.

4.1 Planungsstatus von WKK-Anlagen

Einzelne Standorte haben bereits Projekte für WKK-Anlagen konzipiert. Alle diese Projekte sind entweder als Idee bezüglich Machbarkeit oder als Vorprojekt geplant und berechnet worden. In der nachfolgenden Übersicht wurden die Standorte ihrem Planungsstand entsprechend eingeteilt. Bauprojekte von WKK-Anlagen in thermischen Netzen gibt es in der Realisierungsphase noch keine.

Übersicht WKK-Standortevaluation						WKK-Potential		
Nr.	Standort	Kanton	Betreiber WKK	Spitzenbedarf IST (Typ A, B, C)	WKK-Planungsstand	Technologie	Nennleistung MW el	Inv. Kosten Mio. CHF
1	Ibach	SZ	Agro Energie Schwyz AG	C	P	DT	12.5	20.0
2	Thun	BE	Future Hub AG	B	P	VM	10	18.0
4	Ofringen	ZH	erzo Entsorgung Region Zofingen	A	/	VM	30	52.5
6	Emmenbrücke	LU	Fernwärme Luzern AG	B	/	VM	20	35.0
7	Wallisellen	ZH	ERZ	C	/	VM/GT	20	35.0
8	Horgen	ZH	Gemeindewerke Horgen	C	/	VM	10	17.5
11	Kreuzlingen	TG	Energie Kreuzlingen	D	P	VM/GT	10	17.5
12	Buchs (AG)	AG	KVA Buchs	A	/	VM	10	17.5
15	Dietikon	ZH	Limeco	C	P	VM	10	17.5
16	Perlen	LU	Perlen Papier	A	/	GT	40	70.0
19	Zuchwil	SO	Regio Energie Solothurn	A	P	VM	10	17.5
20	Perlen	LU	Renergia Zentralschweiz AG	A	/	VM/GT	30	52.5
22	Le Lignon	GE	SIG	C	/	VM	30	52.5
23	Lausanne	VD	SIL	C	/	VM/GT	20	35.0
24	Martigny	VS	Sinergy Infrastructure SA	C	/	VM	10	17.5
26	Buchs (SG)	SG	VfA Buchs	A	/	VM/GT	15	26
Summe kurzfristig innert 3 Jahren realisierbar							288	503
Summe mittel-/langfristig innert 5 Jahren realisierbar							360	629
<small>VM: Verbrennungsmotor; GT: Gasturbine; DT: Dampfturbine. k.A.: keine Angabe WKK-Planungsstand: Idee (I); Projektplanung (P); Bauprojekt (B)</small>								

Abbildung 11: Standortliste und identifiziertes Potenzial von WKK-Anlagen



4.2 Ausbaupotenzial thermische Netze

Die thermischen Netze sind im Rahmen der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und des Netto-Null-Ziels in vielen urbanen Gebieten in Planung bzw. werden bereits realisiert. Eine systematische Erfassung der geplanten Wärmepotenziale und damit auch des Ausbaupotenzials von WKK-Anlagen konnte im Rahmen dieser Abklärungen nicht vollständig erfolgen. Sofern die Daten von den Betreibern zur Verfügung gestellt wurden, sind die Ist- und Planmengen für die Fernwärme in den Datenblättern (Anhang 3) aufgeführt. Abgesehen vom geplanten Wärmenetz in Kreuzlingen sind an allen Standorten bereits thermische Netze vorhanden.

Die Angaben zu den an den jeweiligen Standorten, insbesondere die elektrische WKK-Leistung, wurde gemeinsam mit den Anlagenbetreibern auf Basis von standortbezogenen Planungswerten ermittelt.

In einzelnen Wärmeverbunden besteht Erneuerungsbedarf für die bereits installierten Kesselanlagen. Auch in diesen Projekten würde sich der Bau einer WKK-Anlage anstelle eines Heizkessels anbieten. Diese Angaben sind, soweit bekannt, ebenfalls in den einzelnen Datenblättern aufgeführt.

Die einzelnen Standorte sind im Anhang 1 detailliert beschrieben.

4.3 Fehlende Standorte / Abgrenzung

Die Standortevaluation von Swissspower umfasste realisierte Wärmeverbunde. Die Analysen dieser wurden anhand verschiedener statistischer Datengrundlagen durchgeführt. Die Daten für einen Ausbau bzw. die Planung neuer thermischer Netze sind in dieser Datenbasis nicht vollständig ersichtlich. Der Grund dafür ist, dass diese Daten nicht konsistent erfasst wurden und es keine Verpflichtung für die Wärmenetzbetreiber gibt, ihre Energie- und Leistungsdaten offenzulegen. Um die Datengrundlage zu verbessern, ist ein flächendeckendes Monitoring von thermischen Netzen auf nationaler Ebene zu empfehlen.

4.3.1 Nicht identifizierte thermische Netze

Geplante thermische Netze oder umfassende Netzerweiterungen wurden in dieser Standortevaluation weder systematisch noch vollständig erfasst. Das Potenzial für WKK-Anlagen in thermischen Netzen ist offensichtlich höher, als hier beschrieben.

Netze mit einer Wärmeleistung unter 20 MW, bzw. solche mit einer Spitzenlastabdeckung von weniger als 5 MW, wurden nicht betrachtet.

4.3.2 Industriestandorte mit Kesselanlagen

Anlagen an Industriestandorten zur Sicherstellung der Produktionsprozesse für Strom und Wärme wurden nicht erfasst.

4.3.3 Wärmenetze mit Gross-Wärmepumpen

In der Schweiz wurden in den letzten Jahren grössere Wärmenetze realisiert, die mit Wärmepumpen gespeist werden. Weitere zusätzliche Netze sind geplant. Die thermische Spitzenlastabdeckung ist jedoch in den meisten Fällen unbenutzt, weil die Anschlussentwicklung der Wärmeverbraucher tief ist.

Gross-Wärmepumpen verdienen ein spezielles Augenmerk, weil sich die Effekte bei einer Umschaltung von Wärmepumpe auf WKK positiv auf die Strombilanz auswirken. Im Reservefall wird mit der zusätzlichen Produktion WKK-Strom und dem Lastabwurf der Wärmepumpe das Stromnetz doppelt entlastet. Aufgrund fehlender Prognosedaten konnte das Potenzial nicht exakt ermittelt werden.



5 Anhänge

Anhang 1 Shortlist (16 geeignete WKK-Standorte)

In separater Datei

Anhang 2 Liste evaluierter WKK-Standorte

In separater Datei

Anhang 3 Übersichtsblätter WKK-Standorte (vertraulich)

In separater Datei

Übersicht WKK-Standortevaluation

Nr.	Standort	Kanton	Betreiber WKK	Spitzenbedarf IST (Typ A, B, C)	WKK- Planungsstand	WKK-Potential			Wärmenetz							Infrastruktur	Öltank	
						Technologie	Nennleistung MW el	Inv. Kosten Mio. CHF	Netztemperaturen Vorlauf/Rücklauf °C		Wärmeleistung MW		Abdeckung Grundlast (MW/Energieträger)		Abdeckung Spitzenlast			
1	Ibach	SZ	Agro Energie Schwyz AG	C	P	DT	12.5	20.0	95	50	40	58	8	Biomasse	32	Öl	vorhanden	vorhanden
2	Thun	BE	Future Hub AG	B	P	VM	10	18.0	130	65	30	32.5	26	KVA-Abwärme	4	Öl	vorhanden	vorhanden (27 m3)
4	Oftringen	ZH	erzo Entsorgung Region Zofingen	A	/	VM	30	52.5	110	58	8	30	8	KVA-Abwärme	0		Erdgas fehlt	vorhanden (125 m3)
6	Emmenbrücke	LU	Fernwärme Luzern AG	B	/	VM	20	35.0	115	60	28	50	24	KVA-Abwärme/WP	4	Erdgas	vorhanden (Strom MS 700 m entfernt)	nicht vorhanden, möglich
7	Wallisellen	ZH	ERZ	C	/	VM/GT	20	35.0	120	50	433	k.A.	93	KVA- Abwärme/Holz	340	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (15'000 m3)
8	Horgen	ZH	Gemeindewerke Horgen	C	/	VM	10	17.5	110	75	40	k.A.	8	KVA-Abwärme	32	Erdgas/Öl	Stromkapaz. zu prüfen	vorhanden (83 m3)
11	Kreuzlingen	TG	Energie Kreuzlingen	D	P	VM/GT	10	17.5	70	50	0	52					vorhanden	
12	Buchs (AG)	AG	KVA Buchs	A	/	VM	10	17.5	FW: 105/PW: 280	FW: 55/ PW: 110	53	55	53	KVA-Abwärme	0		vorhanden	vorhanden (500 m3)
15	Dietikon	ZH	Limeco	C	P	VM	10	17.5	110	55	66.5	98.5	28.5	KVA-Abwärme	38	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (200 m3)
16	Perlen	LU	Perlen Papier	A	/	GT	40	70.0	145 / 230	80-90	68	k.A.	65	KVA-Abwärme, Rinmasse	3	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (2'000 m3)
19	Zuchwil	SO	Regio Energie Solothurn	A	P	VM	10	17.5	130	55	41	45	41	KVA-Abwärme	0		vorhanden	LNG
20	Perlen	LU	Renergia Zentralschweiz AG	A	/	VM/GT	30	52.5	130	60	32	k.A.	32	KVA-Abwärme	0		vorhanden	keine, möglich
22	Le Lignon	GE	SIG	C	/	VM	30	52.5	90	45	205	390	15	KVA-Abwärme	190	Biomasse / WP/	vorhanden	vorhanden (13'000 m3)
23	Lausanne	VD	SIL	C	/	VM/GT	20	35.0	FW:130/PW:175	FW:60/PW:75	205	420	55	KVA-Abwärme, Schlamm ARA	150	Erdgas	vorhanden	vorhanden (10'000 m3)
24	Martigny	VS	Sinergy Infrastructure SA	C	/	VM	10	17.5	100	70	27	34	9	Holz	18	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (100 m3)
26	Buchs (SG)	SG	VfA Buchs	A	/	VM/GT	15	26	FW:120/PW:260	FW: 60/ PW:90	32	35	32	KVA-Abwärme	0		vorhanden	vorhanden (200 m3)
Summe kurzfristig innert 3 Jahren realisierbar							288	503										
Summe mittel-/langfristig innert 5 Jahren realisierbar							360	629										

VM: Verbrennungsmotor; GT: Gasturbine; DT: Dampfturbine, k.A.: keine Angabe
WKK-Planungsstand: Idee (I); Projektplanung (P); Bauprojekt (B)

Übersicht WKK-Standortevaluation

Nr.	Standort	Kanton	Betreiber WKK	Spitzenbedarf IST (Typ A, B, C)	WKK-Planungsstand	WKK-Potential					Wärmenetz							Infrastruktur	Öltank	
						Standort geeignet	Technologie	Realisierbarkeit	Nennleistung MW el	Inv. Kosten Mio. CHF	Netztemperaturen Vorlauf/Rücklauf °C	Wärmeleistung MW	Abdeckung Grundlast (MW/Energieträger)	Abdeckung Spitzenlast	Anbindung Gas/Strom/Wärme					
										VL	RL	Ist	Soll	MW	Quelle	MW	Quelle			
1	Ibach	SZ	Agro Energie Schwyz AG	C	P	Ja	DT	k	12.5	20.0	95	50	40	58	8	Biomasse	32	Öl	vorhanden	vorhanden
2	Thun	BE	Future Hub AG	B	P	Ja	VM	k	10	18.0	130	65	30	32.5	26	KVA-Abwärme	4	Öl	vorhanden	vorhanden (27 m3)
3	Aarau	AG	Eniwa	C	P	Ja	VM	m	2.5	3.0	75	35	29.7	65	14.3	KVA-Abwärme/WP	15.4	Erdgas	vorhanden	nicht vorhanden, Platz liegt vor
4	Ofringen	ZH	erzo Entsorgung Region Zofingen	A	/	Ja	VM	k	30	52.5	110	58	8	30	8	KVA-Abwärme	0		Erdgas fehlt	vorhanden (125 m3)
5	Bern	BE	ewb (tba)			k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
6	Emmenbrücke	LU	Fernwärme Luzern AG	B	/	Ja	VM	k	20	35.0	115	60	28	50	24	KVA-Abwärme/WP	4	Erdgas	vorhanden (Strom MS 700 m entfernt)	nicht vorhanden, möglich
7	Wallisellen	ZH	ERZ	C	/	Ja	VM/GT	k	20	35.0	120	50	433	k.A.	93	KVA-Abwärme/Holz	340	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (15'000 m3)
8	Horgen	ZH	Gemeindewerke Horgen	C	/	Ja	VM	k	10	17.5	110	75	40	k.A.	8	KVA-Abwärme	32	Erdgas/Öl	Stromkapaz. zu prüfen	vorhanden (83 m3)
9	Chur	GR	IBC			k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
10	Basel	BS	iwb	A	P	Ja	VM	l	20	35.0	115	55	5	75	5	WP/ Schlammverbrennung				keine
11	Kreuzlingen	TG	Energie Kreuzlingen	D	P	Ja	VM/GT	k	10	17.5	70	50	0	52					vorhanden	
12	Buchs (AG)	AG	KVA Buchs	A	/	Ja	VM	k	10	17.5	FW: 105/ PW: 280	FW: 55/ PW: 110	53	55	53	KVA-Abwärme	0		vorhanden	vorhanden (500 m3)
13	Weinfelden	TG	KVA TG	A	P	Ja	DT/GT	k/m	40	70.0	PW: 300	65	35	100	35	KVA-Abwärme	0		vorhanden	
14	Turgi	AG	-			k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
15	Dietikon	ZH	Limeco	C	P	Ja	VM	k	10	17.5	110	55	66.5	98.5	28.5	KVA-Abwärme	38	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (200 m3)
16	Perlen	LU	Perlen Papier	A	/	Ja	GT	k	40	70.0	145 / 230	80-90	68	k.A.	65	KVA-Abwärme, Biomasse	3	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (2'000 m3)
17	Verschiedene	SO / BL / FR	Primeo Energie			Nein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
18	unteres Aaretal	AG	Refuna			Nein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
19	Zuchwil	SO	Regio Energie Solothurn	A	P	Ja	VM	k	10	17.5	130	55	41	45	41	KVA-Abwärme	0		vorhanden	LNG
20	Perlen	LU	Renergia Zentralschweiz AG	A	/	Ja	VM/GT	k	30	52.5	130	60	32	k.A.	32	KVA-Abwärme	0		vorhanden	keine, möglich
21	St. Gallen	SG	St. Gallen Stadtwerke	C	P	Ja	VM	m	3.5	4.7	130	55	150	152	28	KVA-Abwärme	122	Erdgas/Öl/Holz Biomasse / WP/ Erdgas / A	vorhanden	vorhanden (450 m3)
22	Le Lignon	GE	SIG	C	/	Ja	VM	k	30	52.5	90	45	205	390	15	KVA-Abwärme	190		vorhanden	vorhanden (13'000 m3)
23	Lausanne	VD	SIL	C	/	Ja	VM/GT	k	20	35.0	FW: 130/PW :175	FW: 60/ PW: 75	205	420	55	KVA-Abwärme, Schlamm ARA	150	Erdgas	vorhanden	vorhanden (10'000 m3)
24	Martigny	VS	Sinergy Infrastructure SA	C	/	Ja	VM	k	10	17.5	100	70	27	34	9	Holz	18	Erdgas/Öl	vorhanden	vorhanden (100 m3)
25	Zofingen	AG	StWZ Energie			Ja	VM	l	1.0	1.8										
26	Buchs (SG)	SG	VfA Buchs	A	/	Ja	VM/GT	k	15	26	FW: 120/PW :260	FW: 60/ PW: 90	32	35	32	KVA-Abwärme	0		vorhanden	vorhanden (200 m3)
27	La Chaux-de-Fonds	NE	Viteos SA		/	Ja	VM	k/m	5.0	8.8	85	60	0	5					zu klären	keine
28	Monthey	VS	SATOM SA			offen	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe kurzfristig innert 3 Jahren realisierbar									288	503										
Summe mittel-/langfristig innert 5 Jahren realisierbar									360	629										

VM: Verbrennungsmotor; GT: Gasturbine; DT: Dampfturbine. k.A.: keine Angabe
WKK-Planungsstand: Idee (I); Projektplanung (P); Bauprojekt (B)