

Bericht, 22. April 2018

Programm «**Thermische Netze**»

Arbeitspaket «Risiken bei thermischen Netzen»



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Lukas Küng, BG Ingenieure und Berater AG

Philipp Kräuchi, BG Ingenieure und Berater AG

Guillaume Kayser, BG Ingenieure und Berater AG

Experten

Georg Dubacher, Energie und Bauberatung

Rita Kobler, BFE

Patrik Rust, ewl

Thomas Schmid, Fontavis

Programmleitung Thermische Netze

Diego Hangartner, HSLU

Joachim Ködel, HSLU

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

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

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

Inhalt

1	Zusammenfassung / Résumé	5
2	Einleitung	5
2.1	Ausgangslage	5
2.2	Ziel und Zielgruppe des Berichts	6
2.3	Aufbau des Berichtes	6
3	Die Stakeholder der Fernwärmenetze	6
4	Strukturierung der Risiken	9
4.1	Planungsrisiken	10
4.2	Rechtliche Risiken	10
4.3	Kommerzielle Risiken Angebotsseite / Lieferant	11
4.4	Kommerzielle Risiken Absatzseite / Kunden	11
4.5	Bauliche Risiken	11
4.6	Betriebliche Risiken	12
4.7	Naturgefahren, höhere Gewalt	12
4.8	Politische Risiken	13
4.9	Finanzielle Risiken	13
4.10	Reputations-Risiken	14
5	Ursache-Wirkung nach Stakeholder	14
5.1	Kundensicht	15
5.2	Gemeindesicht	16
5.3	Betreibersicht SIA-Phasen (1) bis (3)	17
5.4	Betreibersicht SIA-Phase (6) <i>Bewirtschaftung</i>	18
5.5	Lieferantenansicht	19
6	Risikominderungsmassnahmen	20
6.1	Qualitätsmanagement, Due-Diligence-Prozess	20
6.2	Risikomatrix, Massnahmen	21
6.3	Allgemeine Definitionen zur Risikomatrix	21

6.4	Risiken aus Kundensicht.....	23
6.4.1	Planungsrisiken aus Kundensicht.....	23
6.4.2	Baurisiken aus Kundensicht.....	23
6.4.3	Betriebsrisiken aus Kundensicht.....	24
6.5	Risiken aus Sicht Gemeinde.....	25
6.5.1	Planungsrisiken aus Sicht Gemeinde.....	25
6.5.2	Baurisiken aus Sicht Gemeinde.....	27
6.5.3	Betriebsrisiken aus Sicht Gemeinde.....	27
6.6	Risiken aus Betreibersicht.....	28
6.6.1	Planungsrisiken aus Betreibersicht.....	28
6.6.2	Baurisiken aus Betreibersicht.....	29
6.6.3	Betriebsrisiken aus Betreibersicht.....	29
6.7	Risiken aus Lieferantensicht.....	30
6.7.1	Planungsrisiken aus Lieferantensicht.....	30
6.7.2	Baurisiken aus Lieferantensicht.....	30
6.7.3	Betriebsrisiken aus Lieferantensicht.....	31
7	Probabilistische Risikoanalyse – Numerisches Beispiel.....	32
7.1	Einführung.....	32
7.2	Deterministische und probabilistische Risikoanalyse.....	32
7.3	Aufbau des Modells.....	33
7.4	Resultate.....	34
7.5	Analyse und Vergleich der Methoden.....	36
7.6	Perspektiven.....	36

1 Zusammenfassung / Résumé

Ein thermisches Netz braucht einen Betreiber, eine Standortgemeinde respektive ein Versorgungsgebiet, Kunden und eine Wärmequelle / einen Lieferanten. Alle Parteien gehen bei der Realisierung eines thermischen Netzes Risiken ein.

Im Bericht werden zuerst die Ursachen für die Risiken der Haupt-Stakeholder in einer Wirkungskette aufgezeigt. Danach wird beispielhaft pro Stakeholder und pro Projektabschnitt eine klassische Risikomatrix aufgestellt. Da es schlussendlich meist um finanzielle Risiken geht – thermische Netze sind grundsätzlich ausgereifte Technik – wird am Schluss zur Vervollständigung eine quantitative Beurteilungsmethode für die finanziellen Risiken anhand eines Beispiels ausgeführt (Monte-Carlo-Simulation).

Bei einer erfolgreichen Realisierung eines thermischen Netzes müssen alle Risiken für die beteiligten Parteien tragbar, vielleicht sogar ausgewogen sein.

Un réseau thermique a besoin d'un exploitant, d'une commune ou d'une zone d'approvisionnement, de clients et d'une source de chaleur. Toutes les parties prenantes mentionnées ci-dessus prennent des risques lors de la mise en place d'un réseau thermique.

Le rapport identifie tout d'abord les sources des risques des principales parties prenantes dans une chaîne de cause à effets. Une matrice des risques classique est ensuite établie pour chaque participant et chaque partie du projet. Étant donné que les risques déterminants sont principalement d'ordre financier - les réseaux thermiques étant fondamentalement une technologie éprouvée - une méthode quantitative a finalement été effectuée pour un cas concret pour compléter l'analyse (simulation de Monte Carlo).

Pour la réussite de la mise en place d'un réseau thermique, tous les risques doivent être soutenables ou même équilibrés pour les parties prenantes concernées.

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Thermische Netze sind mit hohen Investitionen verbunden und werden auch für längere Zeit geplant als z.B. die Heizanlagen selber. Investoren gehen ab dem Moment, wo sie sich für ein Projekt entscheiden, das Risiko ein, nach der Abschreibungszeit mit einem Gewinn oder Verlust wegzukommen. Bei thermischen Netzen sind insbesondere Parameter wie Wärmedichte, Anschlussrate oder Konzessionsgebühren entscheidende Parameter, welche die Wirtschaftlichkeit von Netzen beeinflussen, die aber beim Entscheidungszeitpunkt nicht zu 100% bekannt sind. Technische und nicht-technische Risiken bei zentralen Versorgungen müssen daher intensiver betrachtet und bewertet werden.

Da ein kompakter Bericht zum Thema bisher nicht zu existieren scheint oder nicht öffentlich verfügbar ist, hat das BFE den vorliegenden Bericht beauftragt.

An verwendbaren Quellen dienen:

- Leitfaden Fernwärme, Verband Fernwärme Schweiz, August 2017 (Rohfassung)
- Dokumente zu Rechtsgrundlagen, technische Planungshandbücher
- Erfahrungsberichte von Branchenmitgliedern

2.2 Ziel und Zielgruppe des Berichts

Ziel des vorliegenden Berichts ist es, einen Überblick von verschiedenen Risiken bei thermischen Netzen darzustellen und Lösungsansätze für die entsprechende Senkung der Risiken zu formulieren.

Zielgruppe des Berichts sind in erster Linie Investoren, Behörden, Entscheidungsträger, Betreiber, Kontraktoren und Planer. Auch weiteren Interessierten soll der Bericht dienlich sein, um methodische Ansätze zur Erkennung und Bewertung von Risiken bei thermischen Netzen zu erhalten.

2.3 Aufbau des Berichtes

Die Risiken werden im Bericht durchgängig aus vier Sichtweisen betrachtet: Kunden, Gemeinde, Betreiber und Wärmelieferant.

Im Kapitel 3 *Die Stakeholder der Fernwärmenetze* wird die Motivation der Stakeholder aufgezeigt. Da sich die Interessen nur teilweise decken, bilden diese unterschiedlichen Interessen auch ein Risikopotential.

Im Kapitel 4 *Strukturierung der Risiken* werden die Risiken in 10 Hauptgruppen eingeteilt, den fortlaufenden Projektphasen zugeteilt und stichwortartig aufgelistet.

Um die Risikomechanismen und Risikominderungsmassnahmen besser zu verstehen, wird im Kapitel 5 *Ursache-Wirkung nach Stakeholder* eine Wirkungskette der üblichen Hauptrisiken nach Stakeholder aufgezeigt.

Die Risikomatrizen werden in Kapitel 6 *Risikominderungsmassnahmen* für die einzelnen Stakeholder in den jeweiligen Projektphasen beispielhaft entwickelt. Da jedes Projekt seine Eigenheiten hat, finden sich auf jeder Risikomatrix offene Felder für spezifische Risiken.

Kapitel 7 *Probabilistische Risikoanalyse – Numerisches Beispiel* zeigt zum Abschluss ein konkretes Beispiel für eine finanzielle Risikoanalyse eines Fernwärmenetzes.

3 Die Stakeholder der Fernwärmenetze

Die Hauptbeteiligten (Stakeholder) für ein Fernwärmenetz sind die Kunden, die Standortgemeinde, der Fernwärmebetreiber und der Wärmelieferant. Die Gemeinde kann auch zusätzlich als

(grösster) Kunde, als Investor (Co-Investor) oder als Wärmelieferant auftreten. Der Betreiber übernimmt teilweise auch die Rolle des Lieferanten (z.B. Seewasserfassung, ...). In Abbildung 1 sind die Hauptinteressen der Stakeholder (grün: Gemeinden, gelb: Kunden, blau: Betreiber, pink: Wärmequelle/Lieferant) und ihre Rollen von der Projektidee bis zur Betriebsphase dargestellt. Am Anfang steht die Idee, lokal vorhandene Ab-/Umweltwärme oder Biomasse zu nutzen. Der Auslöser für die Idee kann von verschiedener Seite kommen und spielt für die Risiken eine untergeordnete Rolle. Die unterschiedlichen Hauptinteressen der Stakeholder sind Risikofaktoren für die Stakeholder.

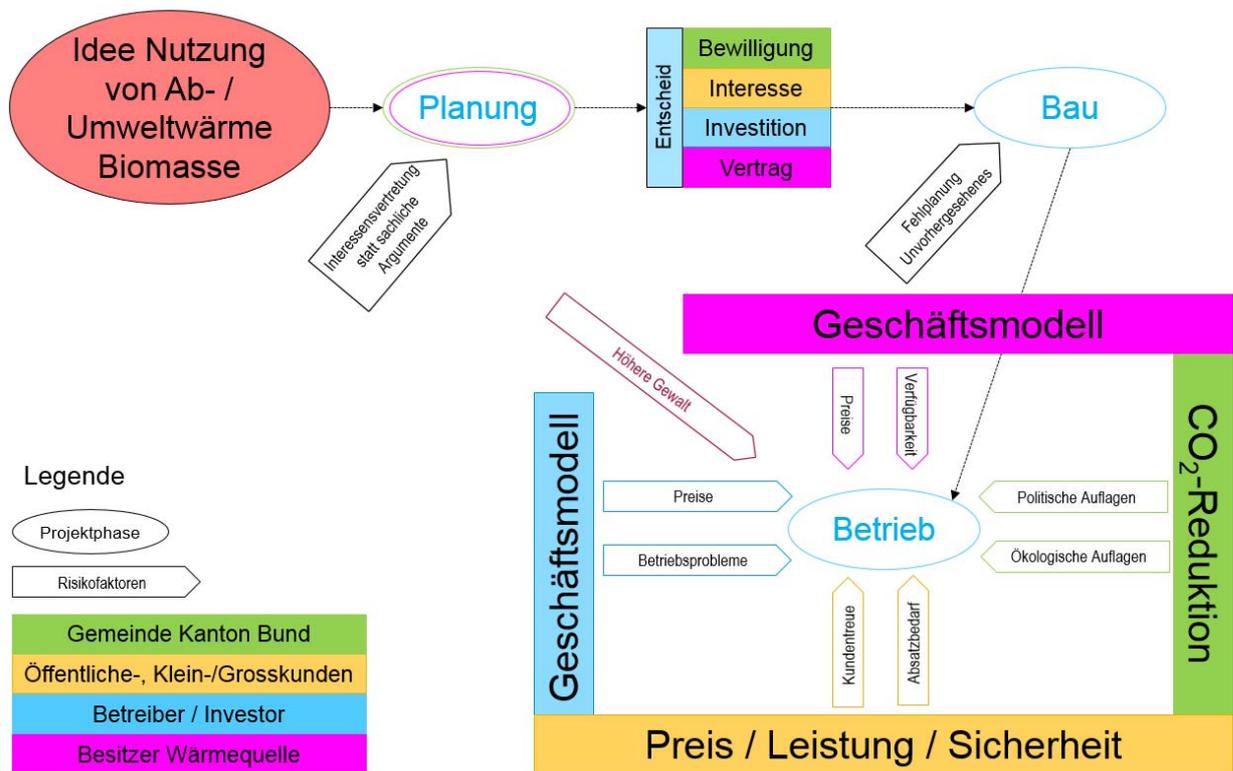


Abbildung 1: Ziele der Hauptbeteiligten

Die Gemeinden, die Kantone und der Bund verfügen über Energiestrategien / Energierichtpläne, die das Ziel haben, den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoss zu reduzieren. Ein thermisches Netz verspricht eine rasche lokale Lösung dieser aktuellen Herausforderung. Die langjährige Verpflichtung wird in der Gunst der Stunde allenfalls weniger berücksichtigt. Mittels Subventionen, Anschlussverpflichtung aller öffentlichen Gebäude etc. wird der Betreiber motiviert, einen positiven Investitionsentscheid zu fällen.

Die Betreiber dieser Netze benötigen ein Geschäftsmodell, das 40 Jahre und länger Bestand haben muss. Die Betreiber stehen unter Konkurrenzdruck und haben Ausbauziele. Können sie sich nicht rasch mit den involvierten Partnern einigen, besteht die Gefahr, dass ein Konkurrent Schlüsselkunden, ein Rayon oder gar das Projekt übernimmt.

Die Kunden haben ein Interesse, eine sichere CO₂-freie Wärmeversorgung zu einem attraktiven Preis zu erhalten, ohne viel Zeit aufzuwenden. Sie möchten verbindliche Terminpläne, um den

Ersatz einer Heizung, einen Neubau etc. optimal zu koordinieren, und keine aufwändigen Zwischenlösungen.

Die Besitzer einer erneuerbaren (Ab-)Wärmequelle wollen ihre Wärme langfristig zu einem guten Preis verkaufen. Oft gehört die Abwärmequelle der öffentlichen Hand, welche dann drei Rollen (Bewilligung, Kunde, Lieferant) gleichzeitig übernimmt.

Die Planer haben in der Regel wenig Zeit und Geld, um eine fundierte Abklärung zu machen, falls der Betreiber diese nicht selber macht. Statt beispielsweise der detaillierten Auswertung der Heizungsinformationen aus den GIS-Systemen der Kantone oder der Feuerungskontrolle werden pauschale Anschlussdichten verwendet und statt der Abklärung von heiklen Tiefbauknotenpunkten (Technische Lösung, Bauprogramm, Dienstbarkeiten, Abklärung möglicher Einsparungen, ...) werden gerade Striche auf Pläne gezeichnet und pauschale Meterpreise angenommen.

Synergien zu anderen Infrastrukturprojekten (z.B. Strassenbau, Werkleitungserneuerungen, ...) erzeugen zusätzlich einen Termindruck auf schnelle Investitionsentscheide.

Ist der Investitionsentscheid gefällt, steht der Betreiber mit den Baurisiken praktisch alleine da. Diese Risiken sind entsprechend der Planungsqualität grösser oder kleiner. Der Betreiber muss nun Vorverträge in Verträge umwandeln und neben der Bautätigkeit die Kunden gewinnen. Um das Bau- und Anschlussrisiko zu minimieren, wird der Bau der thermischen Netze oft etappiert bzgl. Ausbauleistung / Netzgebiet; ob dadurch das Risiko wirklich minimiert wird, hängt vom jeweiligen Netz und der Art der Wärmeerzeugung ab.

Ist das thermische Netz in Betrieb, muss der Betreiber einen langfristig rentablen Betrieb sicherstellen. Die Gemeinden kommen allenfalls mit weiteren Forderungen bzgl. Anschlüssen, Ökologie (z.B. geringere fossile Spitzenabdeckung) etc., die das Geschäftsmodell in Frage stellen. Die Kunden werden ihre Wärmekosten mit alternativen Lösungen vergleichen, allenfalls auch weitere Forderungen stellen (z.B. um ein verschärftes Gebäudelabel zu erlangen). Diese muss der Betreiber wirtschaftlich umsetzen können.

Gegen technische Risiken und Umweltrisiken wird sich der Netzbetreiber so weit wie möglich versichern.

4 Strukturierung der Risiken

Die Risiken sind nachfolgend nach zwei Dimensionen gruppiert: a) dem Planungsprozess des Schweizerischen Ingenieurs- und Architektenvereins (SIA) sowie b) den Stakeholdern; siehe Abbildung 2.

Der SIA unterscheidet die Planungsphasen (1) *Strategische Planung*, (2) *Vorstudien*, (3) *Projektierung*, (4) *Ausschreibung*, (5) *Realisierung*, (6) *Bewirtschaftung und Rückbau*. Stakeholder sind die staatlichen Institutionen *Gemeinde, Kanton, Bund*, die Kunden, die (Ab-)Wärme oder Biomasse-Lieferanten sowie der Netzbetreiber bzw. dessen Investor(en).

Die Risiken, nachfolgend in folgende Haupt-Gruppen eingeteilt, die sich teilweise überschneiden: (1) *Planungsrisiken*, (2) *Rechtliche Risiken*, (3) *Kommerzielle Risiken Lieferant*, (4) *Kommerzielle Risiken Kunde*, (5) *Bau-Risiken*, (7) *Betriebliche Risiken*, (6) *Naturgefahren, höhere Gewalt*, (8) *Politische Risiken*, (9) *Finanzielle Risiken* und (10) *Reputations-Risiken*.

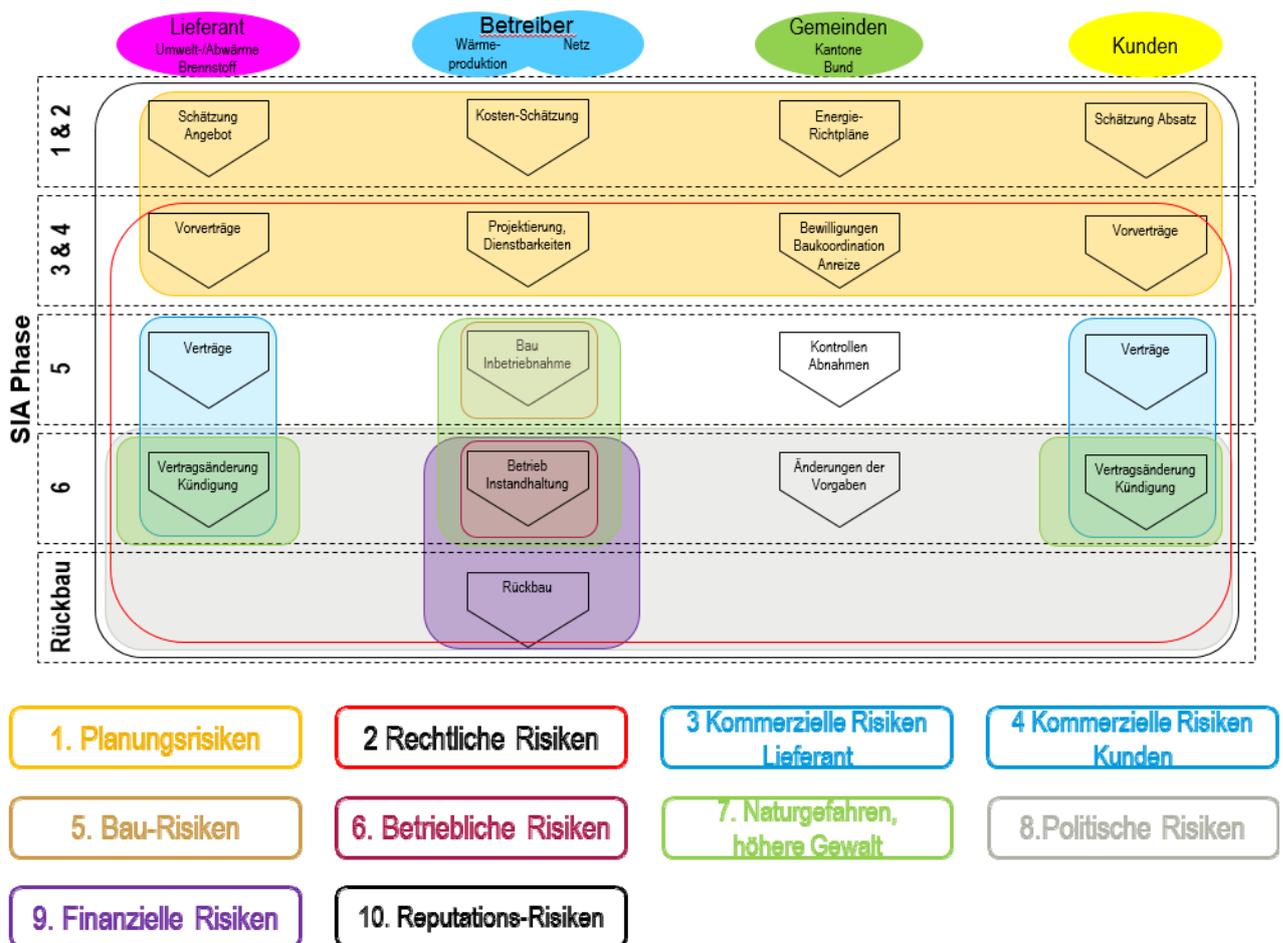


Abbildung 2: Kartographie der Risiken

Das Gleichgewicht zwischen *Betriebs- und Kapitalkosten mit Gewinn* einerseits und *Erlösen (inklusive Subventionen)* andererseits, muss ausbalanciert sein.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Risikogruppen eingegangen. Die Reihenfolge entspricht nicht der Wichtigkeit der Risiken, sondern eher dem Auftreten während der Projektierungsphase. Die Gewichtung muss für jedes Projekt separat erfolgen.

4.1 Planungsrisiken

Die Differenz zwischen Planung und Realität kann zu Mehrkosten (K) resp. einem schlechteren Produkt (P), d.h. mehr CO₂-Ausstoss für die produzierte Wärme führen.

Planungsrisiken mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Weniger Absatz wie geplant (K)
- Weniger erneuerbare Energie wie geplant (P, K)
- Höhere Baukosten wie geplant (K)
 - Erhöhter Koordinationsaufwand zu anderen Bauten (K)
 - Höhere Kosten Sonderbauwerke (K)
 - Höhere Umweltauflagen (K, allenfalls positiv auf P)
- Weniger Subventionen wie geplant (K)
- Terminverzögerungen bei Lieferung, Bau oder Absatz (K, P)
- Terminverzögerung bei Bewilligungen / Einsprachen (K)
 - Widerstand gegen fossile Spitzenabdeckung, insbesondere Kamin
 - Widerstand gegen flächendeckende Baustellen für Feinverteilung
- Erlangen von Dienstbarkeiten für Leitungen durch Privatgrund (K)
- Verzögerungen durch aufwändige Dienstbarkeitsverhandlungen (z.B. Erbengemeinschaft)
- Überschätztes Anschlusspotential (K)
- Überschätzte Synergien im Bau, bei mehreren Werkleitungen in einem Graben, infolge höherem Koordinationsbedarf
- Fehlende Benchmark-Analysen (K)

4.2 Rechtliche Risiken

Rechtliche Risiken fallen vor allem in der Baubewilligungs- und in der Bauphase auf und können sich in die Länge ziehen.

- Bauklagen
- Gewährleistungen / Garantieklagen (K)
- Dienstbarkeitsverträge / Durchleitungsrechte (K)
- Vertragsverletzungen auf Liefer- oder auf Kundenseite (K)
- Beschädigungen durch Dritte

4.3 Kommerzielle Risiken Angebotsseite / Lieferant

Kommerzielle Risiken der Angebotsseite mit Auswirkung auf Kosten (K) oder Produktqualität (P):

- Wärmelieferant kündigt Liefervertrag (K, P)
 - Konkurs / Verlagerung Standort
- Wärmelieferant reduziert Liefervertrag (K, P)
 - Neue Produktionstechnologie (weniger Abwärme)
 - Weniger Biomasse
 - Prozessoptimierungen infolge verschärfter Umweltvorschriften (politisches Risiko)
 - Weniger Abfall / weniger Abwasser infolge verschärfter Umweltvorschriften (politisches Risiko)
 - Höherer CO₂-Ausstoss als vereinbart (K, P, Reputation)

4.4 Kommerzielle Risiken Absatzseite / Kunden

Kommerzielle Risiken der Absatzseite mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Schlüsselkunde kündigt Bezugsvertrag (K)
 - Konkurs / Verlagerung Standort
- Schlüsselkunde reduziert Liefervertrag (K)
 - Neue Produktionstechnologie mit kleinerem Wärmebedarf
 - Gebäudesanierung infolge verschärfter Umweltvorschriften (politisches Risiko)
- Konkurrenz: Neue dezentrale, kostengünstige Wärmeproduktions- resp. Wärmespeichertechnologien, Fernwärme teurer (K)
- Anderes Fernwärmenetz mit tieferen Kosten / höherer Ökologie auf ähnlichem Perimeter (K)
- Verzögerungen in (Aus-)Bau Fernwärme trotz Liefervertrag
 - Temporäre Lösungen (K, P)
- Produktionsmix erreicht verschärfte Anforderungen an Gebäudelabels nicht mehr
- Zu hohe Leistungswerte (Planungs-Reserven), die nie erreicht werden: zu gross dimensionierte, ineffiziente Anlagen (K, P)
- Absatzreduktion infolge Gebäudesanierungen, Förderprogramme des Bundes zur schnelleren Sanierung der Gebäude (K)
- Leerstand von Gebäuden z.B. vor Umnutzung: keine Lieferung in dieser Zeit

4.5 Bauliche Risiken

Bauliche Risiken mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Baugrund (K)

- Wetterrisiken (K), z.B. Kälte bei Leitungsverlegung kann zu Baustopps führen
- Findlinge, Sandlinsen, Altlasten (aufwändige Entsorgung), nicht dokumentierte aufgegebene Bauwerke (Fundamente ...), Archäologie
- Werkleitungen (K)
 - Abweichung Plan Ausführung: Nach-Projektierung auf Baustelle (K)
 - Aufwendige Umlegung, Unterbruch nur an Wochenenden (K)
- Verkehrsführung
 - Etappierung der Baustelle
- Koordination mit anderen Infrastrukturbauten (K, Termine)
 - Verzögerung / Umplanung von Drittbaustellen
- Bei Liefervertrag: temporäre mobile Heizzentralen (K, P)
- Kostenüberschreitungen wegen fehlendem Baucontrolling (K)

4.6 Betriebliche Risiken

Betriebliche Risiken mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Überdurchschnittliche Betriebsmittelausfälle infolge schlechter Qualität / Unterhalt / Drittbaustellen, ... (K)
- Höhere Spitzenleistungen, tiefere mittlere Leistungen (K, P)
 - Höhere Pumpleistungen (K, P)
 - Mehr fossile Spitzenleistung (evtl. K, P)
 - Höhere Leerlaufverluste (K, P)
- Verletzung von Umweltauflagen durch Fehlplanung oder mangelnde Betriebsführung (P)
 - Einleittemperaturen in Flüsse / Seen
 - Luftreinhalteverordnung Gasspitzenkessel / Biomasse
 - Erdreichtemperaturen
- Operative Führungsschwäche, schlecht ausgebildete Mitarbeitende
- Technische Risiken
 - Rohr- und Isolationsqualität, allfällige zusätzliche Verluste
 - Schweissqualität, allfällige Leckagen
 - Qualität der Wärmedehnungselemente, allfällige Leckagen
 - Muffenqualität, allfällige Leckagen

4.7 Naturgefahren, höhere Gewalt

Naturgefahren, höhere Gewalt mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Wärme-Lieferant (K, P)
 - Anlage (ARA, KVA, Produktionsbetrieb, ...) infolge Erdbeben, Hochwasser, ...
ausser Betrieb: keine Abwärme

- Brennstoff (Biomasse) nicht mehr verfügbar, z.B. Dürre
- Wärmeproduktion / Netz (K)
 - Z.B. infolge Erdbeben, Murgängen, Terrorismus, ... verschiedene Lecks
 - Schäden nicht zu 100% versicherbar
- Wärmekunde (K)
 - Wohnregion unbewohnbar z.B. infolge Bergsturzgefahr, Überschwemmungen, ...
- Unterbruch der Wärmelieferung
 - Klagen der Kunden, Erstellen von temporären Lösungen (K)

4.8 Politische Risiken

Politische Risiken mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Fossile Spitzenabdeckung (K, P)
 - Limitierung der maximalen Einsatzdauer: Umbau der Wärmeproduktion
 - Hohe CO₂-Abgaben
- Luftreinhalteverordnung (K)
 - Verschärfte Anforderungen für fossile Spitzenabdeckung
- Gewässerschutz (K)
 - Verschärfter Gewässerschutz, z.B. doppelwandige Leitungen in Schutzzonen
 - Erweiterte Schutzzonen
- Bodenschutz (K)
 - Erwärmung von Böden eingeschränkt, Dämmmassnahmen (K)
- Gebäudevorschriften (MUKEN)
 - Gebäude schneller saniert, Wärmebedarf sinkt stark (K)

4.9 Finanzielle Risiken

Finanzielle Risiken mit Auswirkung auf Kosten (K) oder auf Produktqualität (P):

- Zinsniveau steigt stark an (K)
 - Höhere Zinskosten, höhere CAPEX
- Wiederbeschaffungswert sinkt (K)
 - Wertberichtigung / Abschreiber
- Konkurrenz: sinkende Referenz-Wärmepreise (K)
 - Wertberichtigung / Abschreiber
- Höhere Beschaffungskosten für ökologische Wärmequelle / Spitzenlastabdeckung (K)
 - Steigende Betriebskosten, höhere OPEX
- Refinanzierungsrisiken, Kapitalbeschaffungsrisiken

4.10 Reputations-Risiken

Reputations-Risiken treten in allen Projektphasen auf. Diese können je nach Projektstand Auswirkung auf den Absatz haben:

- Bevölkerung wünscht eine 100% CO₂-freie-Wärmeversorgung, die sich für Betreiber nicht rechnet
 - "Anti"-ökologisches Image, Auswirkung auf andere Geschäftsbereiche
- Bauprobleme, Verzögerungen
 - Absatz / Verkauf stockt wegen negativer Presse
 - Kunden investieren in Ersatzlösungen, weil Vertrauen fehlt
- Lange Betriebsausfälle, Kunden erhalten keine Wärme
 - Kündigungen
 - Forderungen nach teurer Redundanz, höherer Zuverlässigkeit (K)
- Ökologie des Netzes nicht so wie geplant, z.B. Wegfall Abwärmequelle
 - Kündigungen
 - Forderungen nach teuren Ersatzmassnahmen (K)

5 Ursache-Wirkung nach Stakeholder

Nach der Aufteilung der Risiken in Hauptgruppen und der Zuordnung zu den Projektphasen, wird nun anderer Zugang zu den Risiken gewählt. Im Folgenden wird eine Ursache-Wirkungskette aufgestellt, zum besseren Verständnis der Ursachen der Risiken. Sind die Ursachen der Risiken klarer, können effektivere Abhilfemassnahmen ergriffen werden.

Die verschiedenen Ursachenarten und deren Wirkungen sind in den nachstehenden Grafiken wie folgt dargestellt:

rot	technische Störung
hellrot	vorgängige Ursache der technischen Störung
grau	wirtschaftliche Störung
grün	politische Störung
blau / hellblau / hellgrün	Wirkungskette der Störungen

5.1 Kundensicht

Obwohl dem Kunden in der Regel ein Sorglos-Paket angeboten wird, verbleibt beim Kunden ein Risiko. Das Risiko einer kalten Wohnung dürfte aber kleiner sein, als wenn er selber eine Heizung besitzt und selber betreibt. Auch seine eigene Heizung ist selten unabhängig von Dritten, d.h. der Kunde müsste bei der eigenen Heizung auch z.B. Strom für die Wärmepumpe oder Gas für die Gasheizung bei einem Lieferanten einkaufen, wo er infolge Monopolsituation meist keine Wahl hat. Falls ein Kunde seine Liegenschaft verkaufen möchte, so hat das Energielabel einen Einfluss auf den Preis. Dieses Energielabel ist vom Produktionsmix der Fernwärme und von dessen Entwicklung abhängig: hier läuft der Kunde allenfalls Gefahr, dass seine Liegenschaft einen tieferen Preis erzielt.

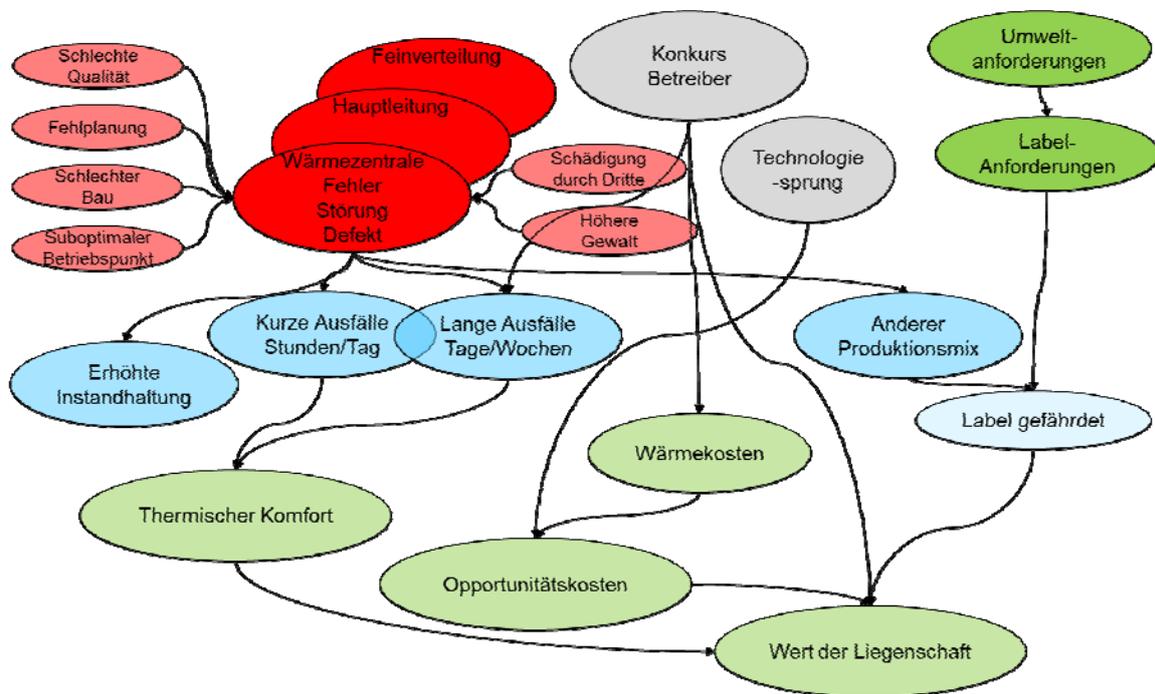


Abbildung 3: Risiken aus Kundensicht

5.2 Gemeindesicht

Im einfachsten Fall erlaubt die Gemeinde einem Betreiber die Erstellung eines Fernwärmenetzes: Diese einfache Erlaubnis ist mit Risiken für die Gemeinde verbunden. Bei Konkurs des Betreibers kann die Gemeinde in eine Rolle des Garanten kommen und allenfalls das Netz übernehmen müssen. Falls die Gemeinde selber in ein Fernwärmenetz investiert, dann trägt sie zusätzlich die Risiken eines Betreibers, liefert sie die erneuerbare Energie (z.B. Holz), dann trägt sie auch die Risiken des Lieferanten.

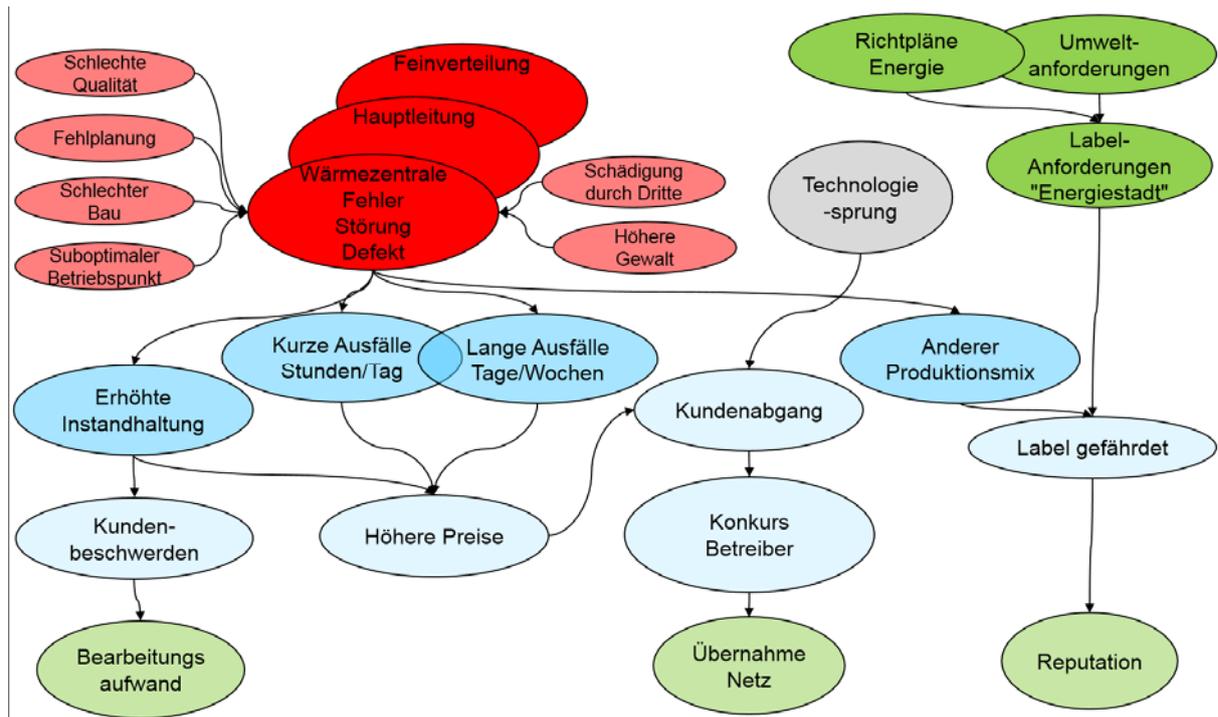


Abbildung 4: Risiken aus Gemeindesicht

5.3 Betreibersicht SIA-Phasen (1) bis (3)

Die grössten Risiken trägt der Betreiber. Fehler aus frühen Projektphasen wirken sich bis zum Ende des Projektes aus. Mit oranger Farbe sind zusätzlich die Ursachen der mangelnden Planungsqualität eingetragen.

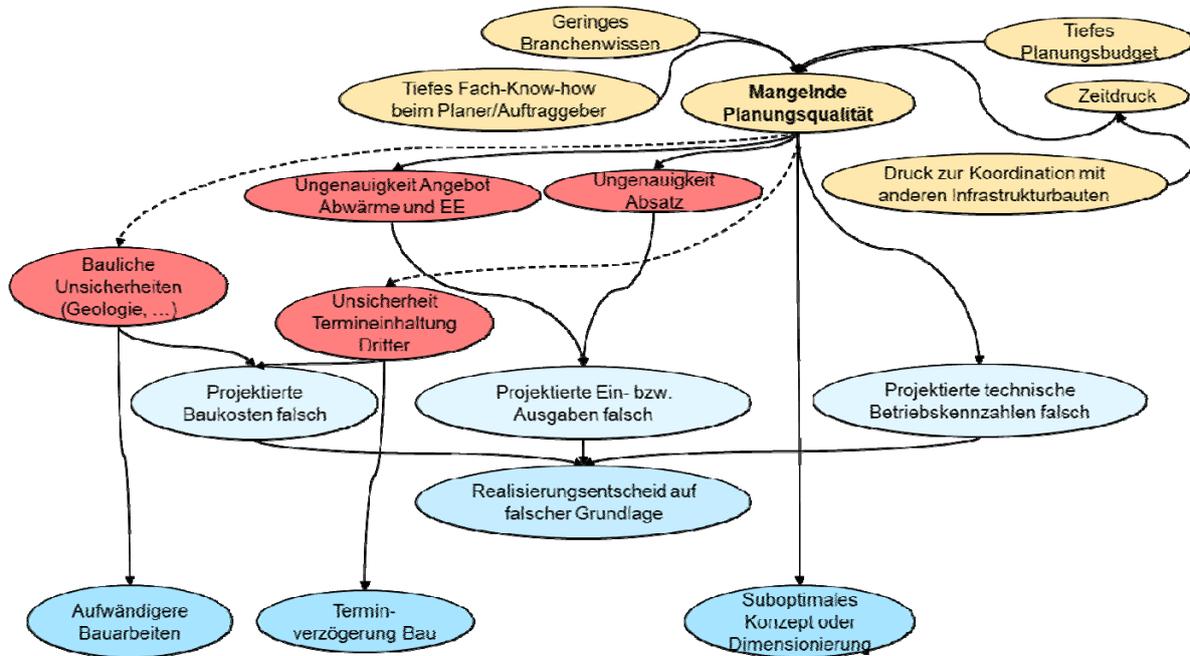


Abbildung 5: Planungsrisiken aus Betreibersicht

5.4 Betreibersicht SIA-Phase (6) *Bewirtschaftung*

Nach Planung, Bewilligung und Bau folgt die Bewirtschaftung, die am längsten dauert. Fehler / Risiken aus früheren Phasen wirken sich hier aus. Das grösste Risiko sind flächendeckende Ausfälle in einer Heizperiode. Hier muss dann mit mobilen Zentralen die Heizung meist fossil überbrückt werden. Häufen sich solche Ausfälle, werden die Kunden das Vertrauen in die zentrale Fernwärmelösung verlieren und ihr den Rücken kehren.

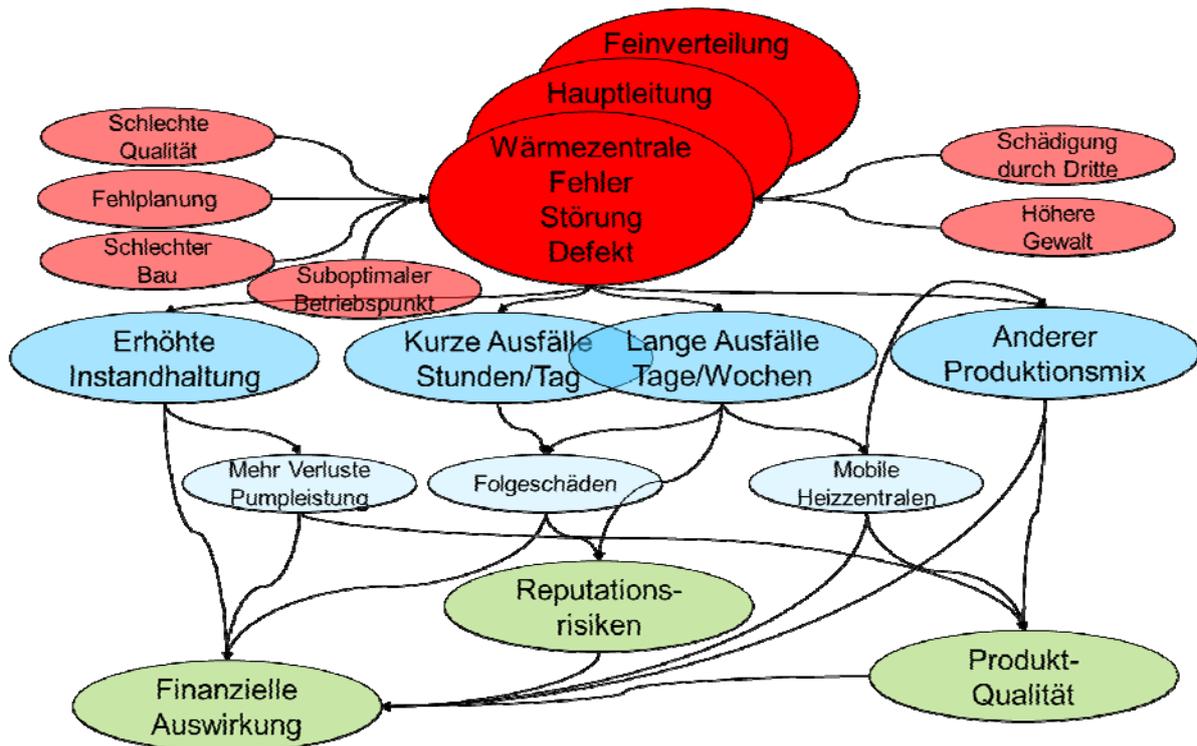


Abbildung 6: Technische Betriebsrisiken aus Betreibersicht

5.5 Lieferantenansicht

Auch der Lieferant der erneuerbaren Wärme respektive der Biomasse trägt ein Risiko. Einerseits können seine Wärmegewinnungsanlagen ausfallen (z.B. bei Nutzung von Abwärme) und dies dann zu einem geringeren Absatz respektive je nach Vertragsmodell auch zu einem Schadensersatz führen. Prinzipiell gibt es auch für die Lieferung von erneuerbarer Wärme Konkurrenz, z.B. neuer Produktionsbetrieb / Tunnel mit Abwärme Nutzung / ..., was einen Einfluss auf Absatz und Erlös haben wird.

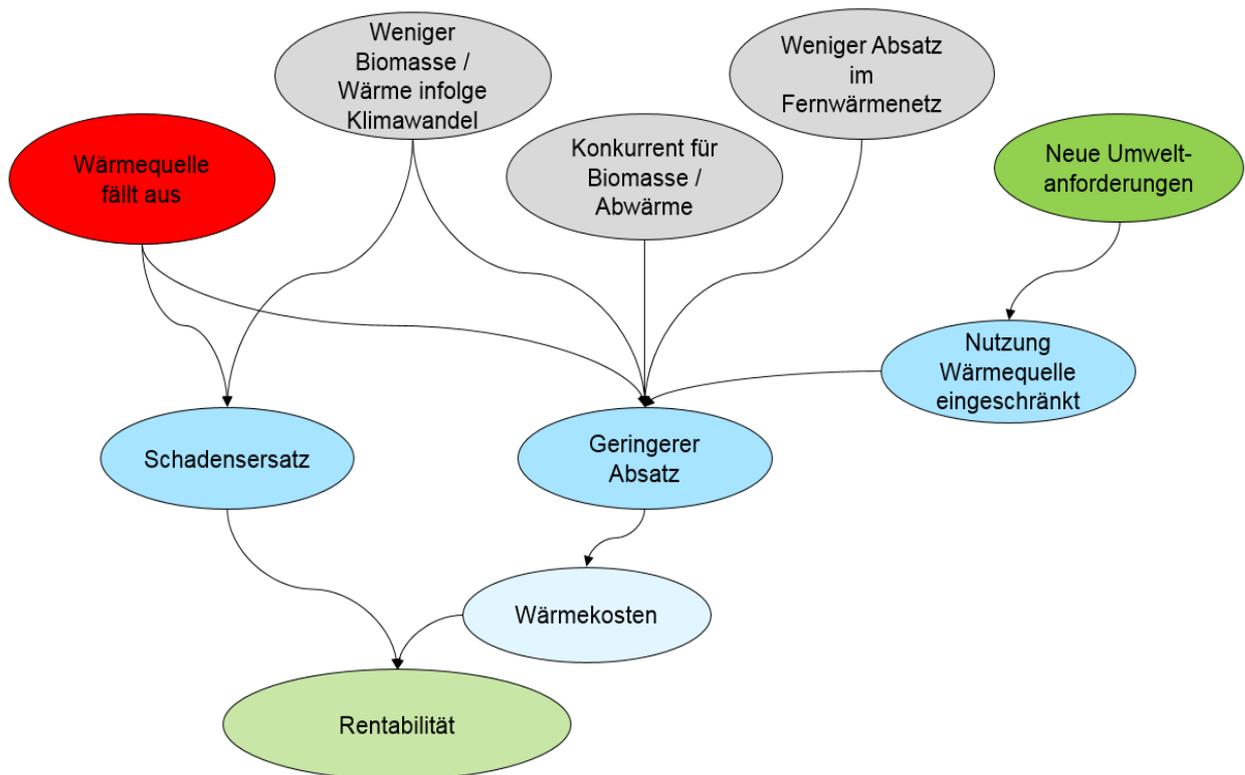


Abbildung 7: Risiken aus Lieferantensicht.

6 Risikominderungsmaßnahmen

6.1 Qualitätsmanagement, Due-Diligence-Prozess

Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Risiken können mit geeigneten Massnahmen meist zu kleineren Risiken reduziert werden. Für den Projektentwickler / Betreiber empfiehlt sich der Einsatz eines Qualitätsmanagements, ein Investor prüft vor der Investition das Projekt mit einem Due-Diligence-Prozess.

Ein Qualitätsmanagement respektive eine Due-Diligence müssten in etwa folgende Haupt-Punkte überprüfen:

- Sind Entscheidungsgremien und Kompetenzen bekannt?
- Sind Meilensteine definiert und terminiert: Sind Kriterien für Realisierung oder Ausstieg festgelegt und liegt ein realistischer Zeitplan vor?
- Wie wurde das Marktpotenzial bestimmt?
- Ist der Mindestanschlussgrad definiert, bestehen Vorverträge / Absichtserklärungen?
- Ist die Zeitspanne zwischen 1. Anschluss und minimalem Anschlussgrad definiert?
- Sind Tarifmodelle definiert? Welche Sensitivitäten liegen vor?
- Sind der Projektdeckungsbeitrag und der Zinssatz definiert?
- Ist die Finanzierung sichergestellt (Anschubfinanzierung, Risikokapital, ...)?
- Liegen die wesentlichen Versicherungen vor?
- Ist die steuerliche Situation geklärt?
- Liegen Baubewilligungen und Durchleitungsrechte vor? Gibt es Widerstand zum Projekt, Gefahr von Einsprachen?
- Gibt es umwelttechnische Auflagen: Spitzendeckung, Kamine, Bezug Umweltwärme, ...?
- Liegen langfristige Wärme-/Biomasse-Einkaufsverträge vor?
- Sind ausreichende Kompetenzen / Know-how im Team: Bau, Verkauf, Betrieb, Kommunikation?
- Wie wurde die Anschlussleistung bestimmt, sind Vor- und Rücklauftemperaturen definiert?
- Kann das Projekt in sinnvolle Ausbauphasen unterteilt werden?
- Muss für die Entscheidung genauer geplant werden, liegen noch Planungsunsicherheiten vor (Baugrund, Strassenquerungen, Verlegung von Werkleitungen, Dienstbarkeiten, ...)?
- Liegen Spezifikationen / Qualitätsanforderung von Netz und Wärmezentralen vor?
- Ist eine Projekt-Kommunikation vorhanden? Kennen potentielle Kunden das Projekt und kennt die betroffene Bevölkerung das Projekt?

Bei der Überprüfung muss berücksichtigt werden, wer die Projektdefinition gemacht hat: war dies der Betreiber / Investor, die Gemeinde, ein Planer oder der Besitzer der Wärmequelle. Entsprechend kritisch müssen die Punkte untersucht werden.

Während ein kleiner Wärme-Kunde kaum einen Due-Diligence-Prozess für seine relevanten Risiken durchführen kann, sollte ein grösserer Wärme-Kunde seine Risiken eher bewerten.

6.2 Risikomatrix, Massnahmen

Ein gängiges Werkzeug zum Risikomanagement im Qualitätsmanagement und dem Due-Diligence-Prozess ist die Risikomatrix. Die einzelnen Risiken werden dabei in den zwei Dimensionen *Eintrittswahrscheinlichkeit* und *Schadensausmass* beurteilt (siehe Abbildung 8).

Schadensausmass	hoch	4	8	12	16
		3	6	9	12
		2	4	6	8
	tief	1	2	3	4
		tief		hoch	
		Eintrittswahrscheinlichkeit			

Abbildung 8: Prinzip der Risikomatrix

Die Beurteilung des Risikos erfolgt in zwei Schritten: zuerst ohne Gegenmassnahmen, danach mit geeigneten Gegenmassnahmen. Am Schluss muss der entsprechende Stakeholder für jedes Risiko entscheiden, ob dies für ihn tragbar ist oder nicht. Das Schadensausmass wird in Funktion der notwendigen Investition für das Projekt beurteilt; dies entspricht nicht dem Firmenrisiko, ausser es gibt eine eigenständige Firma für das Fernwärmeprojekt.

6.3 Allgemeine Definitionen zur Risikomatrix

In Abbildung 9 sind die Stufen aufgeführt, welche nachfolgend für die beiden Dimensionen *Eintrittswahrscheinlichkeit* und *Schadensausmass* verwendet wurden. Das Risiko ergibt sich als mathematisches Produkt von *Eintrittswahrscheinlichkeit* und *Schadensausmass*.

Eintrittswahrscheinlichkeit		Gewichtung	Auftreten alle x Jahre	Bemerkungen
tief		1	100	
		2	20	
		3	5	
		4	1	
hoch				
Schadensausmass		Gewichtung	% Investitionssumme	Bemerkungen
tief		1	< 5	(kein Gewinn)
		2	5 bis 25	
		3	25 bis 50	
hoch		4	> 50	Investition wertlos, Folgeschäden
Risiko		Produkt "Eintrittswahrscheinlichkeit" mal "Schadensausmass"		
tief		1		
		2		
		3		
		4		
		6		
		8		
		9		
		12		
		16		
	hoch			

Abbildung 9: Verwendete Stufen für die Eintrittswahrscheinlichkeit sowie das Schadensausmass

Für die identifizierten Risiken wurden Massnahmen zur Reduktion dieser Risiken pro Stakeholder ausgearbeitet, siehe Abbildung 10 bis Abbildung 21. Die Risikosumme (in blau angegeben) variiert nach Stakeholder und Projektphase in den folgenden Abbildungen. Beim Betreiber wurde davon ausgegangen, dass grössere Netze mit einer Investitionssumme von über 50 MCHF in kleinere Netze aufgeteilt werden, d.h. ein Investitionsentscheid selten höher als 50 MCHF sein wird. Teilnetze werden zusammen bewilligt, was dann zu Investitionssummen von über 50 MCHF führen kann, die aber auch getrennt hätten bewilligt werden können.

Die Risiken wurden wieder auf die Stakeholder aufgeteilt und zur besseren Vergleichbarkeit auch nummeriert, z.B. B_4.5

- Der erste Buchstabe steht für den Stakeholder: "K" für Kunde, "G" für Gemeinde, "B" für Betreiber und "L" für Lieferant
- Die erste Zahl steht für:
 - o "1" SIA Phase 11-33
 - o "2" Investitionsentscheid (Abschluss Phase 33 oder 41)
 - o "3" Bau Phase 51-53
 - o "4" Betrieb SIA Phase 60
- Die zweite Zahl ist eine fortlaufende Nummerierung des Risikos und ist nicht nach Wichtigkeit sortiert: die Rangfolge ist projektspezifisch

Das Risiko B_4.5 ist also das fünfte aufgeführte Risiko des Betreibers in der Betriebsphase.

6.4 Risiken aus Kundensicht

6.4.1 Planungsrisiken aus Kundensicht

In der Regel geht der Kunde schon in einer frühen Phase (Ende SIA Phase 21) ein Risiko ein. Er plant selten gleichzeitig eine Wärmezentrale und einen Fernwärmeanschluss und entscheidet erst nach dem Vorprojekt. Das Schadensausmass ist aber für einen einzelnen Kunden wesentlich geringer als für den Fernwärmenetzbetreiber oder eine Gemeinde. Als Schadenssumme sind die Lebensdauerkosten (Anschluss, Wärmepreis) über 40 Jahre angegeben.

Phase		Planung (SIA Phase 11 - 33)									
Lebensdauerkosten		0.1 bis 1 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		
K_1.1	Vorvertrag Bandbreite für Termine / Ökologie zu gross	Koordination für Neubau / Sanierung aufwendig. Alternative-Lösung muss mitgeplant werden	3	1	3	Risiko-minderung	Verbindlichere Termine / Ökologie fordern	1	1	1	-
K_1.2	Konkurs Projektentwickler	Alternative Wärmelösung muss unter Zeitdruck realisiert werden	2	2	4	Risiko-akzeptanz		2	2	4	
K_1.3	...				0					0	

Phase		Anschlussescheid (Abschluss Phase 33)									
Lebensdauerkosten		0.1 bis 1 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		
K_2.1	Falsche Kosten-Annahmen Anschlussgebühr, Entwicklung Grundgebühr und Wärmepreis	Fehlentscheid, Kosten / Nutzen	2	3	6	Risiko-minderung	Preis-Anpassung im Anschlussvertrag ans thermische Netz definieren und limitieren	2	1	2	Risiko-akzeptanz
K_2.2	Falsche Verbrauchsszenarien z.B. falsche Einschätzung der maximalen Leistung, falsche Einschätzung Jahresverbrauch	Fehlentscheid, Kosten / Nutzen	3	3	9	Risiko-minderung	Möglichkeit für Anpassung Leistung / Verbrauch im Anschlussvertrag ans thermische Netz definieren	3	2	6	Risiko-akzeptanz
K_2.3	...				0					0	

Abbildung 10: Planungsrisiken aus Kundensicht

6.4.2 Baurisiken aus Kundensicht

Meist wird auch auf dem Grundstück des Kunden gebaut, entweder auf Kosten des Fernwärmebetreibers oder auf eigene Kosten. Auch bei der eher kurzen Anschlussleitung können teure Bauhindernisse auftreten.

Phase		Bau (SIA Phase 50)									
Lebensdauerkosten		0.1 bis 1 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		
K_3.1	Bauverzögerungen (falls Bau auf eigenem Grund und Übergabestation in Verantwortung Kunde) Koordination mit anderen Baustellen, Lieferengpässe, Unfall auf Baustelle, ...	Mehrkosten	3	2	6	Risiko-minderung	Starke Projektleitung, finanzielle Anreize zur Termineinhaltung	2	1	2	Risiko-akzeptanz
K_3.2	Bau teurer als geplant (falls Bau auf eigenem Grund und Übergabestation in Verantwortung Kunde) z.B. Unwägbarkeiten Baugrund, Dichtigkeit Hauseinführung, Wettereinflüsse während Bau, Ausfall Bauunternehmer, ...	Mehrkosten	3	3	9	Risiko-minderung	Detaillierte Vorprojekte, Identifikation der Kostentreiber im Rahmen des Vorprojekt und genauere Abklärung vor Investitionsentscheid	2	2	4	Risiko-akzeptanz
K_3.3	...				0					0	

Abbildung 11: Baurisiken aus Kundensicht

6.4.3 Betriebsrisiken aus Kundensicht

Macht der Netzbetreiber Konkurs, kann es "kalt" werden bis eine neue Gesellschaft die Aktivitäten übernimmt. Dank Vertrag / Verträgen bezüglich des Einsatzes mobiler Wärmezentralen kann ein kurzfristiger Schaden weitgehend vermieden werden.

Phase Lebensdauerkosten		Betrieb (SIA Phase 60) 0.1 bis 1 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W	S	Risiko		Handlungs- weise	Stufe W	S	Risiko	Handlungs- weise
K_4.1	Bauprojekt mit Energielabel Neubau / Sanierung mit energetischem Gebäudelabel, Fernwärme als Bestandteil dieses Labels	Mehrkosten weil Label nicht / nicht mehr eingehalten, z.B. tiefere Mietzinsen, Wegfall Subventionen, tieferer Wert der Liegenschaft.	2	2	4	Risiko-minderung	Ökologie der Wärmeversorgung als Vertragsbestandteil (allenfalls auch die Weiterentwicklung der Ökologie, da sich die Energie-Label auch weiterentwickeln), Austrittsklausel in Anschlussvertrag.	1	2	2	Risiko-akzeptanz
K_4.2	Ausfall ohne Verantwortung Netzbetreiber Infolge höherer Gewalt wie Erdbeben, Überschwemmungen, ...	Mehrkosten: Wärmeversorgung über Tage / Wochen ausser Betrieb, Mieter wollen Schadensersatz, Einsatz temporärer Lösungen.	1	3	3	Risiko-minderung	Schadensersatz im Anschlussvertrag ausbedingen, Einbau Anschlüsse für mobile Wärmezentralen, Vertrag für Einsatz von mobilen Wärmezentralen.	1	2	2	Risiko-akzeptanz, Vertrag für Einsatz mobiler Wärmezentrale langfristig abschliessen oder dessen Erneuerung sicherstellen.
K_4.3	Ausfall mit Verantwortung Netzbetreiber Infolge schlechter Wartung, Fehlmanipulationen, billige anfällige Netzkomponenten	Mehrkosten: Wärmeversorgung über Tage / Wochen ausser Betrieb, Mieter wollen Schadensersatz, Einsatz temporärer Lösungen.	2	2	4	Risiko-minderung	Schadensersatz im Anschlussvertrag regeln, Einbau Anschlüsse für mobile Wärmezentralen, Vertrag für Einsatz von mobilen Wärmezentralen.	2	1	2	
K_4.4	Konkurs des thermischen Netzbetreibers Insolvenz infolge zu geringem Absatz, grossen Schäden, ...	Mehrkosten: Wärmeversorgung über Tage / Wochen ausser Betrieb, Mieter wollen Schadensersatz, Einsatz temporärer Lösungen	2	4	8	Risiko-minderung	Gemeindegarantie in Anschlussvertrag, Einbau Anschlüsse für mobile Wärmezentralen, Vertrag für Einsatz von mobilen Wärmezentralen, nach Möglichkeit Investition mit anderen Kunden in thermisches Netz	1	2	2	
K_4.5	Technologiesprung Neue günstigere lokale Wärme- und Kältekonzepte	Wettbewerbsnachteil infolge höherer Wärmekosten, tieferer Liegenschaftswert, kann Konkurs des Betreibers verursachen, siehe Risiko K_4.4.	2	2	4	Risiko-minderung	Austrittsklausel in Anschlussvertrag	2	1	2	Risiko-akzeptanz
K_4.6	Massiv veränderte Wärmebedürfnisse Höherer / tieferer Wärmeverbrauch / Wärmeleistung	Teure Lösung für weniger Wärme, teure Erhöhung (evtl. Leitungsbau) für mehr Wärme	2	2	4	Risiko-minderung	Austrittsklausel in Anschlussvertrag	2	1	2	Risiko-akzeptanz
K_4.7	...		0	0	0			0	0	0	

Abbildung 12: Betriebsrisiken aus Kundensicht

6.5 Risiken aus Sicht Gemeinde

Die nachfolgend aufgeführten Risiken beziehen sich auf Gemeinden, die als Standort-/ Bewilligungsbehörde fungieren und wichtige Kunden des Fernwärmenetzes sind. Ist die Gemeinde finanziell am Fernwärmenetz beteiligt, trägt sie zusätzlich die Betreiber Risiken.

6.5.1 Planungsrisiken aus Sicht Gemeinde

Wird auf Gemeindegebiet ein Fernwärmenetz geplant, dann hat die Gemeinde in der Regel keine Wahl, sie muss sich ans Netz anschliessen und hat wenig Verhandlungsspielraum. Eine vielleicht nicht so präsente Tatsache ist, dass die zusätzliche Verkleitung im Untergrund bei der Erneuerung, Anpassung und Reparatur von anderen Infrastrukturen im Untergrund wie Strom, Wasser, Abwasser, Meteorwasser, Telekommunikation und allenfalls sogar Gas Mehrkosten verursacht. Da mindestens alle Wasserleitungen gemeindeeigen sind, kann dies langfristig die Wassergebühren erhöhen. Aber auch Telekommunikation oder Stromnetze können tendenziell teurer werden.

Phase **Planung**
(SIA Phase 11 - 33)
0.1 bis 1 MCHF

Investitionssumme

ID	Risikobezeichnung Kurzbeschreibung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		
G_1.1	Lokale Wärmeressource nicht genutzt Aus kurzfristigen wirtschaftlichen Interessen wird lokale Abwärme nicht genutzt	Lokale Energiepolitik nicht umgesetzt, Energiestadtlabel nicht eingehalten, keine Vorbildfunktion, Energieplan nicht umgesetzt, ...	3	1	3	Risiko- minderung	Öffentliche Ausschreibung der Wärmeversorgung	1	1	1	Risiko- akzeptanz
G_1.2	Vorverträge für alle öffentlichen Gebäude Eingeschränkte Wahlfreiheit, nicht immer optimale Lösung	Alle öffentlichen Gebäude müssen ans Fernwärmenetz, um eine Grundlast zu gewährleisten. Dies ist nicht immer die wirtschaftlichste Lösung, z.B. grössere Entfernung, nicht abgestimmt mit Renovationszeitpunkt etc. Als Grösstkunde übernimmt Gemeinde indirekt eine Risikogarantie, dass das thermische Netz auch bei Konkurs des Betreibers laufen wird.	3	2	6	Risiko- minderung	Anschlüsse nur von öffentlichen Gebäuden, wo es Sinn macht. Netz lieber kleiner dafür rentabel. Konzessionen, dass Gemeinde nicht Garantie leisten muss. Beteiligung an thermischem Netz	2	1	2	Risiko- akzeptanz
G_1.3	Inkongruenz von Energieplanung und Netzgebiet Neues thermisches Netz (noch) nicht in Energieplanung vorgesehen, allenfalls Gebiet reserviert für Gasversorgung, Erdsonden, ... Der Energieplan gibt Gemeinde und Kunden Rechtsicherheit, es lässt sich auch eine Anschlusspflicht ans thermische Netz festlegen	Verzögerung des Projektes, bis Energieplan erstellt / revidiert und politisch beschlossen wurde. Allenfalls stimmt frühzeitige Anpassungen des Energieplans nicht mehr mit Projektstand überein.	3	2	6	Risiko- akzeptanz	Politische Prozesse lassen sich im Einzelfall nicht abkürzen. Realistische Projektplanung. Potentieller Betreiber frühzeitig involvieren um Abschätzen zu können, ob Energieplanung umsetzbar ist	2	2	4	Risiko- akzeptanz
G_1.4	Indirekte Erhöhung der Infrastrukturkosten Bei Anpassung Infrastruktur (Strassen, Abwasser, ...) müssen nun auch Fernwärmeleitungen angepasst werden	Höhere Kosten bei Anpassungen der Infrastruktur oder Erneuerungen von anderen Werkleitungen (Gas, Strom, Telekom, Wasser, ...) da Wärmeleitungen sich im gleichen Perimeter befinden und diese Projekte stören.	2	3	6	Risiko- minderung	Kostenteiler für künftige Infrastrukturanpassungen in Konzession einbringen. Diese Kosten in die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen einbeziehen.	2	2	4	Risiko- akzeptanz
G_1.5	...				0					0	

Phase **Investitionsentscheid**
(Abschluss Phase 33)
1 bis 10 MCHF

Investitionssumme

ID	Risikobezeichnung Kurzbeschreibung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		Stufe W S	Risiko	Handlungs- weise		
G_2.1	Indirekte Beteiligung der Gemeinde Neben Anschlüssen der Gebäude werden an die Gemeinde zusätzliche Forderungen gestellt: schnellere Baubewilligungen, Sonderrechte, Dienst-/Bauleistungen von Gemeinde erbracht, ...	Mehrkosten, die nicht kalkuliert wurden und aus Interesse an einem thermischen Netz übernommen werden	2	3	6	Risiko- minderung	Klare Regelung im Konzessionsvertrag, welche Bau-/Dienstleistungen die Gemeinde gratis erbringt.	2	1	2	Risiko- akzeptanz
G_2.2	Unklare Rollenteilung Falls die Gemeinde der grösste Kunde des Fernwärmenetzes ist, macht es Sinn, sich am thermischen Netz zu beteiligen. Gemeinde ist nun Konzessionsgeber, Baubewilligungsinstanz, Hauptkunde und Investor / Betreiber des thermischen Netzes.	Interessenskonflikte für die Gemeinde, die vier Rollen gleichzeitig hat. Mögliche politische Diskussionen, die Auswirkungen auf Wirtschaftlichkeit und Ökologie haben, allenfalls stark verzögerte oder blockierte Entscheide.	2	2	4	Risiko- minderung	Rollenteilung in Gemeinde vordefinieren: wer ist zuständig für Konzession, wer für die Baubewilligung, wer vertritt die Gemeinde als Wärmekunde, wer nimmt beim Betreiber einseitig. Definition der Eskalationsstufen	1	2	2	Risiko- akzeptanz
G_2.3	...				0					0	

Abbildung 13: Planungsrisiken aus Sicht Gemeinde

6.5.2 Baurisiken aus Sicht Gemeinde

Je besser die Gemeinde dokumentiert ist, desto weniger Überraschungen resp. Mehrkosten werden beim Bau auftreten. Gut eingemessene Leitungen, gut dokumentierte Fundamente etc. helfen Mehrkosten zu beschränken.

Phase Investitionssumme		Bau (SIA Phase 50) 1 bis 10 MCHF		vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungsweise		Stufe		Risiko	Handlungsweise
			W	S				W	S		
G_3.1	Koordination mit gemeindeeigenen Projekten Bau thermisches Netz gibt Randbedingungen für andere Projekte	Mehrkosten wegen Verzögerung oder Beschleunigung von gemeindeeigenen Projekten	2	3	6	Risiko-minderung	Gute Kosten-Nutzen-Abwägung für koordiniertes Bauen	2	1	2	Risiko-akzeptanz
G_3.2	Beschädigung bestehende Infrastruktur durch Bau Nicht sachgemässe / kostenoptimierte Bauweise beschädigt bestehende Infrastruktur.	Mehrkosten auf Gemeindebudget, Folgeschäden treten erst später auf und können später nicht 100% kausal zugewiesen werden: Gemeinde bleibt auf Kosten sitzen.	3	3	9	Risiko-minderung	Vor Baustart Festhalten des Ausgangszustandes, regelmässige Kontrollen auf der Baustelle und Einfordern einer sachgemässen Bauweise ohne Folgeschäden.	1	2	2	Massnahmen laufend durchführen
G_3.3	Forderungen von Einwohnern Während Bau stellen Einwohner / Grundeigentümer / künftige Kunden zusätzliche Forderungen.	Bauverzögerungen allenfalls infolge zusätzlicher Etappierung, Mehrkosten	2	2	4	Risiko-minderung	Klare und detaillierte Bauausschreibung, klare und detaillierte Baubewilligung	1	1	1	Risiko-akzeptanz
G_3.4	Dokumentation / Pläne gemeindeeigener Infrastruktur entsprechen nicht der Realität Leitungen nicht so verlegt wie auf Plänen eingezeichnet oder auf anderer Tiefe, dies wird erst in Baugrube ersichtlich.	Umplanung des thermischen Netzes auf der Baustelle mit Verzögerungen/ Unsicherheiten und deshalb Mehrkosten. Allenfalls Leitung durch Privatgrund notwendig. Diese Mehrkosten werden allenfalls der Gemeinde angelastet.	3	3	9	Risiko-minderung	Werkleistungssondagen an heiklen Stellen schon im Planungsprozess verlangen oder Bauprozess entsprechend anpassen, so dass Unsicherheiten besser beherrscht werden.	3	2	6	Massnahmen laufend durchführen
G_3.5	...				0					0	

Abbildung 14: Baurisiken aus Sicht Gemeinde

6.5.3 Betriebsrisiken aus Sicht Gemeinde

Geht der Fernwärmebetreiber Konkurs und findet sich innert nützlicher Frist keine Nachfolgefirma, muss wahrscheinlich die Gemeinde mindestens temporär einspringen. Da die Gemeinde meist ein Grosskunde des Fernwärmenetzes ist, hat sie ein grosses Interesse an der Fortführung des Betriebs. Sie kommt vielleicht günstiger zu einem Fernwärmenetz, muss aber dann wahrscheinlich die Überbrückung und Sanierung selber übernehmen.

Phase Investitionssumme		Betrieb (SIA Phase 60) 1 bis 10 MCHF		vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungsweise		Stufe		Risiko	Handlungsweise
			W	S				W	S		
G_4.1	Konkurs Betreiber Betreiber ist insolvent, Gemeinde muss selber einspringen.	Gemeinde als (Haupt-)Kunde stellt auf eigene Rechnung weiterbetrieb der Anlagen sicher.	2	3	6	Risiko-minderung	Unabhängige Firma für Wärmenetz gründen, die nicht vom gesamten Erfolg eines Betreibers abhängt.	2	1	2	Risiko-akzeptanz
G_4.2	Konzessionseinnahmen volatil Je nach Ausgestaltung der Konzession (z.B. abhängig von gelieferter Wärmemenge) könnten die Erträge stark schwanken.	Einnahmen für Gemeindebudget nicht planbar, allenfalls zu tief.	2	2	4	Risiko-minderung	Konzessionsabgaben nicht nur an gelieferte Wärmemenge koppeln, sondern auch an Fixelemente.	1	1	1	Risiko-akzeptanz
G_4.3	Entwicklung Energiepolitik / Label Vorgaben könnten verschärft werden, allenfalls mit Auswirkung auf das thermische Netz	Thermisches Netz entspricht den Vorgaben nicht mehr. Anpassungen an Wärmeproduktion notwendig, zusätzliche Investitionskosten, allenfalls geforderte Gebietsverweiterung, ...	2	3	6	Risiko-minderung	Im Konzessionsvertrag Vorgehen und Kostenteiler für künftige Anpassungen infolge Gesetzes- und Labeländerungen festlegen.	2	2	4	Risiko-akzeptanz
G_4.4	Häufige Ausfälle des thermischen Netzes Häufige Störungen, Defekte	Klagen landen auch bei der Gemeinde, Unzufriedenheit der Einwohner / Kunden, politischer Druck: Mehraufwand in der Verwaltung.	3	1	3	Risiko-minderung	Klare Rollenteilung in Konzessionsvertrag, allenfalls Regressmöglichkeit der Gemeinde auf den Netzbetreiber.	2	1	2	Risiko-akzeptanz
G_4.5	Technologiesprung Neue günstigere Wärme- und Kältekonzepte	Gemeinde bezahlt für Wärme zuviel, hat allenfalls Anteile an einem thermischen Netz, das vor Amortisation überflüssig wird.	1	4	4	Risiko-akzeptanz	Keine	1	4	4	Risiko-akzeptanz
G_4.6	...				0					0	

Abbildung 15: Betriebsrisiken aus Sicht Gemeinde

6.6 Risiken aus Betreibersicht

6.6.1 Planungsrisiken aus Betreibersicht

Die unterschiedlichen Erwartungshaltungen von Betreiber, Gemeinde und Kunden werden als hohes Risiko eingestuft, siehe dazu auch Abbildung 1: *Ziele der Hauptbeteiligten*. Wirtschaftlichkeit, Ökologie und attraktive Wärmepreise müssen von Beginn weg in einem ausgewogenen Zustand sein. Das Schadensausmass bezieht sich auf den positiven Investitionsentscheid des Betreibers, trotz negativem Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (welche er entweder zu wenig seriös durchgeführt hat oder deren Resultate er nicht gebührend würdigt).

Mit dem Investitionsentscheid wird das Risiko mit der grössten finanziellen Tragweite eingegangen. Infolge dessen sollten vor dem Entscheid belastbare Grundlagen vorliegen.

Phase		Planung (SIA Phase 11 - 33) 0.1 bis 1 MCHF		Investitionssumme		vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risiko- bezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungs- weise	Stufe	Risiko	Handlungs- weise	Stufe		Risiko	Handlungs- weise
			W	S						W	S		
B_1.1	Erwartung / Forderungen von Gemeinden / möglichen Kunden zu hohe ökologische Anforderungen, Forderung Nutzung von unrentablen Abwärmequellen	Kein unabhängiger Investitionsentscheid (Maximalvarianten statt wirtschaftliche Varianten)	4	4	16	Risiko- minderung	4	2	8	8	Risiko- akzeptanz		
B_1.2	Grundlagen für Analysen unvollständig Nur Schätzungen, Kennzahlen aus anderen Netzen, ...	Fehlentscheid	3	4	12	Risiko- minderung	2	3	6	6	Risiko- akzeptanz		
B_1.3	Zeitdruck: Enge Offerttermine, keine Zeit für Abklärungen	Fehlentscheid	2	4	8	Risiko- minderung	1	2	2	2	-		
B_1.4	Zeitdruck in der Projektierung: Koordination mit anderen (Infrastruktur-) Bauwerken, Offerttermine, keine Zeit für Projektierung	Falsche Materialwahl, falsche Durchmesser, falsche Lage von Anschlüssen, Entlüftungen, Fixpunkten	4	2	8	Risiko- minderung	2	1	2	2	-		
B_1.5	...		0	0	0		0	0	0	0			

Phase		Investitionsentscheid (Abschluss Phase 33) 1 bis 50 MCHF		Investitionssumme		vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risiko- bezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungs- weise	Stufe	Risiko	Handlungs- weise	Stufe		Risiko	Handlungs- weise
			W	S						W	S		
B_2.1	Falsche Investitionskosten Planungsfehler, ...	Fehlentscheid, Kosten / Nutzen	2	3	6	Risiko- minderung	2	1	2	2	-		
B_2.2	Falsche Absatzszenarien z.B. falsche Einschätzung der Erstanschlusser	Fehlentscheid, Kosten / Nutzen	3	3	9	Risiko- minderung	2	2	4	4	-		
B_2.3	Falsche Lieferszenarien z.B. falsche verfügbare Abwärmemengen	Fehlentscheid, Kosten / Nutzen	3	2	6	Risiko- minderung	2	1	2	2	-		
B_2.4	...				0				0	0			

Abbildung 16: Planungsrisiken aus Betreibersicht

6.6.2 Baurisiken aus Betreibersicht

Die Bau- und Betriebsrisiken werden eigentlich schon mit dem Investitionsentscheid in Kauf genommen, sie sind aber dennoch hier aufgeführt. Der Betreiber wird auch für diese Phase eine vertiefte Risikoanalyse machen müssen.

Phase Investitionssumme		Bau (SIA Phase 50) 1 bis 50 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W	S	Risiko		Handlungs- weise	Stufe W	S	Risiko	Handlungs- weise
B_3.1	Bauverzögerungen Koordination mit anderen Baustellen, Lieferengpässe, Unfall auf Baustelle, ...	Mehrkosten	3	2	6	Risiko- minderung	Starke Projektleitung, finanzielle Anreize zur Termineinhaltung	2	1	2	-
B_3.2	Bau teurer als geplant z.B. Unwägbarkeiten Baugrund, zusätzliche Etappierung, Wettereinflüsse während Bau, Ausfall Bauunternehmer	Mehrkosten	3	3	9	Risiko- minderung	Detaillierte Vorprojekte, Identifikation der Kostentreiber in Vorprojekt und genauere Abklärung vor Investitionsentscheid, Anbieterwettbewerb bei Ausschreibung nutzen	2	2	4	-
B_3.3	Kunden treten von Vorvertrag zurück (z.B. aufgrund zu langer Realisierungszeit, ...)	geringerer Umsatz	3	3	9	Risiko- minderung	Informationspolitik	2	1	2	-
B_3.4	...				0					0	

Abbildung 17: Baurisiken aus Betreibersicht

6.6.3 Betriebsrisiken aus Betreibersicht

Während der Betriebsphase sind nach der folgenden Analyse weniger die technischen Probleme heikel, sondern stabile Verhältnisse mit Grosskunden und/oder (Ab-)Wärmelieferanten wichtig.

Phase Investitionssumme		Betrieb (SIA Phase 60) 1 bis 50 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe W	S	Risiko		Handlungs- weise	Stufe W	S	Risiko	Handlungs- weise
B_4.1	Erdbeben, Überschwemmungen, Bergstürze, Naturgefahren, acts of God	Zentralen / Leitungen über Monate nicht in Betrieb: kein Umsatz, verärgerte Kunden	1	4	4	Risiko- minderung	Versicherung	1	3	3	Risiko- akzeptanz
B_4.2	Sabotage Infolge Auseinandersetzungen, terroristische Anschläge	Hauptleitungen / Zentralen über Wochen ausser Betrieb: kein Umsatz, verärgerte Kunden	1	3	3	Risiko- minderung	Bei Grosskunden temporäre Anschlüsse erstellen, Verträge bezüglich mobiler Wärme- Zentralen, Bewachung in kritischen Phasen	1	2	2	-
B_4.3	Stromausfall Partiell oder Totalausfall	Pumpen, Wärmeerzeugung über Tage ausser Betrieb: kein Umsatz, verärgerte Kunden	1	2	2	Risiko- minderung	Redundante Strom-Anschlüsse von kritischen Elementen, Notstromaggregate	1	1	1	-
B_4.4	Grosskunde fällt weg Umzug, Konkurs, andere Fertigungsverfahren, Gebäudesanierung, ...	Weniger Umsatz, ungenutzte Infrastruktur	3	2	6	Risiko- minderung	Neukunden-Akquise auch während Betriebsphase, Diversifikation der Kundengruppe	3	1	3	-
B_4.5	Wärmelieferant fällt weg Umstellung der Prozesse mit keiner / geringerer Abwärme, eigene Nutzung der Abwärme, Konkurrent zahlt höhere Preise	höhere Gestehungskosten, geringere Ökologie	3	2	6	Risiko- minderung	Suche nach anderer Wärmequelle, anstatt hochwertige Abwärme eher Umweltwärme (z.B. Erdsonden / Luft)	3	1	3	-
B_4.6	Erzeugungsk Konkurrenz Neue günstigere lokale Wärme- und Kältekonzepte	Druck auf Preise, keine Neukunden	3	3	9	Risiko- minderung	Geschäftsmodell überdenken	3	1	3	-
B_4.7	Ausfälle von Betriebsmitteln Wärmepumpen, Heizzentralen, ... fallen wegen technischen Defekten oder Fehlmaintenance aus	Zentralen / Leitungen über Tage / Wochen nicht in Betrieb: kein Umsatz, verärgerte Kunden	2	2	4	Risiko- minderung	Fachgerechter Betrieb und Instandhaltung, regelmässige Risikoanalysen, kritische Systeme redundant ausgeführt, ausgewiesenes Personal, Versicherungen, Vorhalten von mobilen Heizzentralen	2	1	2	-
B_4.8	...				0					0	

Abbildung 18: Betriebsrisiken aus Betreibersicht

6.7 Risiken aus Lieferantensicht

6.7.1 Planungsrisiken aus Lieferantensicht

Wie für den Netzbetreiber ist für den Wärmelieferanten die erwartete Bandbreite der Wärmemenge zentral. Bei der Planung werden Lösungen gesucht, die diese Bandbreiten effizient abdecken. Idealerweise sucht der Lieferant nicht nur einen Kunden (Klumpen-Risiko) sondern mehrere, was aber nicht immer möglich sein wird. Oft ist die Planung und Lieferung der Wärme auch direkt in der Verantwortung des Betreibers. Der Lieferpreis wird sich nach der Ökologie der Wärme, der Verfügbarkeit der Wärmequelle und der Garantie dieser beiden Punkte richten. Geht der Lieferant ein Haftungsrisiko ein, so muss sich das im Erlös spiegeln. Es werden in der Regel langfristige Verträge abgeschlossen, mit Preisanpassungsklauseln.

Phase Lebensdauerkosten		Planung (SIA Phase 11 - 33) 0.1 bis 1 MCHF			vor Massnahme		Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungs- weise		Stufe		Risiko	Handlungs- weise
			W	S				W	S		
L_1.1	Vorvertrag Bandbreite für Termine / Wärmemenge zu gross	Wärmepreis Berechnung heikel, alternative-Lösung muss mitgeplant werden	3	3	9	Risiko- minderung	Verbindlichere Termine / Wärmemengen fordern, abgestufte Preise nach Menge allenfalls auch Terminen angeben	2	2	4	-
L_1.2	Konkurs Projektentwickler	Alternative Wärmenutzung muss gesucht werden, Wärmelieferung verzögert	2	2	4	Risiko- minderung	Gleichzeitig mit mehreren Abnehmern verhandeln	1	1	1	
L_1.3	...				0					0	

Phase Lebensdauerkosten		Anschlussescheid (Abschluss Phase 33) 0.1 bis 1 MCHF			vor Massnahme		Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungs- weise		Stufe		Risiko	Handlungs- weise
			W	S				W	S		
L_2.1	Falsche Kosten-Annahmen Investitionskosten zur Nutzung / Lieferung Wärme höher als geplant	Geringerer Gewinn / Verlust	2	3	6	Risiko- minderung	Genaueres Vorprojekt allenfalls mit Phase 41 für Wärmelieferung erstellen	2	1	2	Risiko- akzeptanz
L_2.2	Falsche Verbrauchsszenarien Wärmelieferung entwickelt sich anders als vom Betreiber vorausgesagt	Falsche Planungsgrundlagen, Kosten / Nutzen	3	3	9	Risiko- minderung	Liefervertrag mit Haftung für Minderbezug, Preismodell das eher den Kosten entspricht, modularer Ausbau der Wärmelieferung	2	2	4	Risiko- akzeptanz
L_2.3	...				0					0	

Abbildung 19: Planungsrisiken aus Lieferantensicht

6.7.2 Baurisiken aus Lieferantensicht

Die Bau- und Betriebsrisiken werden eigentlich schon mit dem Investitionsentscheid in Kauf genommen, sie sind aber dennoch hier aufgeführt. Der Lieferant wird auch für diese Phase eine vertiefte Risikoanalyse machen müssen. Teilweise sind die Investitionen für den Lieferanten vernachlässigbar, z.B. wenn es sich um eine kurze Abwärmeleitung aus dem Gebäude in eine Übergabestation des Netzbetreibers handelt oder wenn es um den Transport von Biomasse an einen neuen Wärmezentralen Standort geht.

Phase Lebensdauerkosten		Bau (SIA Phase 50) 0.1 bis 5 MCHF			vor Massnahme		Massnahmen	nach Massnahme			
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	Stufe		Risiko	Handlungs- weise		Stufe		Risiko	Handlungs- weise
			W	S				W	S		
L_3.1	Bauverzögerungen (falls für Wärmelieferung Bau notwendig) Koordination mit anderen Baustellen, Lieferengpässe, Unfall auf Baustelle, ...	Mehrkosten	3	2	6	Risiko- minderung	Starke Projektleitung, finanzielle Anreize zur Termineinhaltung	2	1	2	Risiko- akzeptanz
L_3.2	Bau teurer als geplant (falls für Lieferung Wärme Bau notwendig) z.B. Unwägbarkeiten Baugrund, Dichtigkeit Hauseinführung, Wettereinflüsse während Bau, Ausfall Bauunternehmer, ...	Mehrkosten	3	3	9	Risiko- minderung	Detaillierte Vorprojekte, Identifikation der Kostentreiber im Rahmen des Vorprojekt und genauere Abklärung vor Investitionsentscheid	2	2	4	Risiko- akzeptanz
L_3.3	...				0					0	

Abbildung 20: Baurisiken aus Lieferantensicht

6.7.3 Betriebsrisiken aus Lieferantensicht

Je nach Wärmequelle sind die Betriebs-Risiken aus Lieferantensicht erheblich oder vernachlässigbar. Der Fernwärmenetzbetreiber mit einem hohen Wärmebedarf bleibt in der Regel das Klumpenrisiko, geht dieser Konkurs, so hat dies einen Einfluss auf den Lieferanten.

Phase		Betrieb (SIA Phase 60)									
Lebensdauerkosten		0.1 bis 5 MCHF									
ID	Risikobezeichnung	Auswirkung	vor Massnahme			Massnahmen	nach Massnahme				
			Stufe	Risiko	Handlungs-		Stufe	Risiko	Handlungs-		
	Kurzbeschreibung		W	S	weise		W	S	weise		
L_4.1	Ausfall der Wärmelieferung Technische Probleme führen zu Lieferunterbruch	Mehrkosten, je nach Vertragsmodell Haftung und Gewährleistung, Lieferung über Tage / Wochen ausser Betrieb, Betreiber will Schadensersatz,	1	4	4	Risiko-minderung	Regelmässige Wartung und Instandhaltung aller Anlagen, rechtzeitige Ersatzinvestitionen, Versicherung	1	2	2	Risiko-akzeptanz
L_4.2	Erhöhung Umweltauflagen Auflagen für Nutzung Umweltwärme Biomasse verschärft, allenfalls andere Nutzung priorisiert, ...	Mehrkosten: Wärmeversorgung über Tage / Wochen ausser Betrieb, Mieter wollen Schadensersatz, Einsatz temporärer Lösungen.	1	3	3	Risiko-minderung	Gesetzgebung verfolgen, Ausnahmegewilligungen für bestehende Anlagen beantragen respektive lange Sanierungsfristen verlangen	1	2	2	
L_4.3	Wärmequelle weniger ergiebig wie vorgesehen Infolge Umwelteinflüsse, falscher Berechnungen,	Mehrkosten: Wärmeversorgung über Tage / Wochen ausser Betrieb, Mieter wollen Schadensersatz, Einsatz temporärer Lösungen.	1	3	3	Risiko-minderung	Benchmarking, Pilotversuche, second opinion, konservative Auslegung bei bekannten Zahlen	1	2	2	
L_4.4	Konkurs des thermischen Netzbetreibers Insolvenz infolge zu geringem Absatz, grossen Schäden, ...	Kunde fällt weg, offene Rechnungen, Nachfolgeorganisation verhandelt Preis neu	2	4	8	Risiko-minderung	Kurze Zahlungsfristen, falls möglich mehrere Kunden für gleicher Wärmequelle	1	2	2	
L_4.5	Technologiesprung Neue günstigere lokale Wärme- und Kältekonzepte	Wärmelieferung nicht mehr notwendig oder rückläufig	2	2	4	Risiko-minderung	Suche nach alternativen Kunden, Diversifikation	2	1	2	Risiko-akzeptanz
L_4.6	Massiv veränderte Wärmebedürfnisse Höherer / tieferer Wärmeverbrauch / Wärmeleistung	Weniger Wärme: Ertragsausfall, mehr Wärme: zusätzliche Investitionen	2	2	4	Risiko-minderung	Suche nach alternativen Kunden, Diversifikation	2	1	2	Risiko-akzeptanz
L_4.7	...		0	0	0			0	0	0	

Abbildung 21: Betriebsrisiken aus Lieferantensicht

7 Probabilistische Risikoanalyse – Numerisches Beispiel

7.1 Einführung

In jedem Projekt können die Projektrisiken, wie weiter oben präsentiert, für die verschiedenen Stakeholder identifiziert werden. Doch wie kann insbesondere der Betreiber diese Risiken nun abschätzen und die richtigen Massnahmen ergreifen? Wir gehen hier davon aus, dass für den Betreiber der Nettobarwert (NPV, für *Net Present Value*) optimiert werden soll.

7.2 Deterministische und probabilistische Risikoanalyse

In der Regel wird zur Beurteilung des finanziellen Risikos anhand einer **deterministischen Risikoanalyse** ein finanzielles Modell in einer Rechensoftware (wie z.B. EXCEL) erstellt. Die realistischen Werte der verschiedenen Eingangsparameter werden in das Modell eingetragen und der resultierende NPV stellt somit die realistische Erwartung des Betreibers dar. Anschliessend wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, in der massgebende Parameter und/oder Parameterkombinationen (mit positivem wie negativem Einfluss auf den NPV) eingegeben werden. Dies erlaubt eine Bandbreite des NPV zu bestimmen, hat jedoch die Nachteile, dass:

1. die jeweiligen Wahrscheinlichkeiten dieser NPV-Werte nicht bekannt sind und
2. nicht alle möglichen Kombinationen getestet wurden, also verschiedene Kombinationen von Risiken nicht berücksichtigt wurden. Dies bedeutet, dass die Bandbreite der Resultate nach unten wie oben nicht genau bekannt ist.

Um dieser Situation vorzubeugen, kann man eine **probabilistische Risikoanalyse** durchführen. Diese besteht aus den folgenden Schritten:

1. Die Eingangsparameter werden nicht zwingend als feste Werte eingegeben, sondern können mit einer Eingangsverteilung eingegeben werden. Die Form der Wahrscheinlichkeitsverteilungen wird basierend auf statistischen Analysen und/oder Erfahrungswerten angegeben.
2. Das ursprüngliche Finanzmodell bleibt unverändert.
3. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung erfolgt mit Hilfe einer Monte-Carlo Simulation. Dabei werden Parameterkombinationen in jeder der z.B. 10'000 Einzelberechnungen gemäss den eingegebenen Verteilungen generiert und der NPV durch das Modell berechnet.
4. Das Resultat der Simulation ist nicht wie im deterministischen Fall ein einziger Wert, sondern eine Ergebnisverteilung von z.B. 10'000 NPV-Werten, die man analysieren kann.

7.3 Aufbau des Modells

Um dies zu illustrieren, wurde ein numerisches Beispielmodell erstellt und ausgefüllt (siehe Tabelle 1). Es handelt sich um ein geplantes Fernwärmenetz mit Zentrale. Der Bau des Fernwärmenetzes ist für 2020 geplant und die Wirtschaftlichkeit (NPV) des Projektes soll über eine Lebensdauer von 40 Jahren berechnet werden.

Die Risikoereignisse in diesem Beispiel sind mit ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrem Schadensausmass in Tabelle 1 unter C aufgelistet. Die Schadensausmasse der Ereignisse wurden in unserem Beispiel mit einem festen Wert hinterlegt. Für Eingangsverteilungen stehen die Felder *Minimum* / *Realistisch* / *Maximum* zur Verfügung.

A Technische Daten		Fix	Minimum	Realistisch	Maximum	
Heizkapazität	MW _{th}	24000				
Wirkungsgrad	%	90%				
Stromverbrauch	MW _{el}	480				
Technische Lebensdauer Zentrale	Jahre	20				
Technische Lebensdauer Fernwärmenetz	Jahre	40				
Verkaufte Energie	MW _{th}	13 625	11 500	12 218	21 380	
B Finanzielle Daten		Fix	Minimum	Realistisch	Maximum	
Realer Zinssatz (Annahme)	%	2				
B1 Investition		Fix	Minimum	Realistisch	Maximum	
Baukosten Zentrale	CHF		2 700 000	3 000 000	3 400 000	
Baukosten Fernwärmenetz	CHF		8 200 000	9 300 000	10 300 000	
Reinvestition Zentrale (nach 20 Jahren)	CHF	1 500 000				
Subvention	CHF	0				
B2 Betrieb		Fix	Minimum	Realistisch	Maximum	
Strom Einkaufspreis	CHF/MW _{el}	180				
Gas Einkaufskosten	CHF/Jahr	64 000				
Andere Betriebskosten	CHF/Jahr	100 000				
Verkaufspreis	Rp/kWh		10	12.5	15	
Subvention	CHF/Jahr	0				
C Risikoereignisse		W (Jahr ⁻¹)	Schadensausmass			
			Fix	Minimum	Realistisch	Maximum
1	Gaskessel defekt	CHF/Ereignis	0.500%	200000		
2	Wärmetauscher defekt	CHF/Ereignis	0.500%	50000		
3	Grosskunde springt ab (nach 2025)	MW _{th}	0.500%	6000		

Tabelle 1: Eingangsdaten des Modells

Beispiele der gewählten Eingangsverteilungen zur Anwendung der probabilistischen Methode werden in Abbildung 22 und Abbildung 23 dargestellt. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Risikoereignisse wurden als diskrete Verteilung modelliert, z.B. mit einer PERT-Verteilung oder einer Bernoulli-Verteilung.

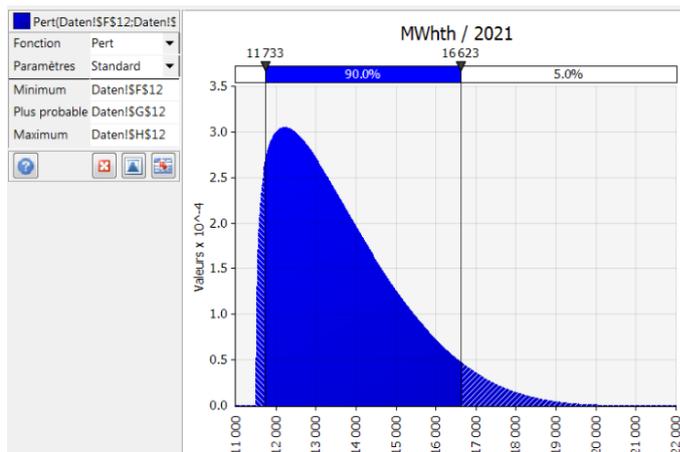


Abbildung 22: Eingangsverteilung für die verkaufte Energie im Jahr 2021 (PERT-Verteilung)

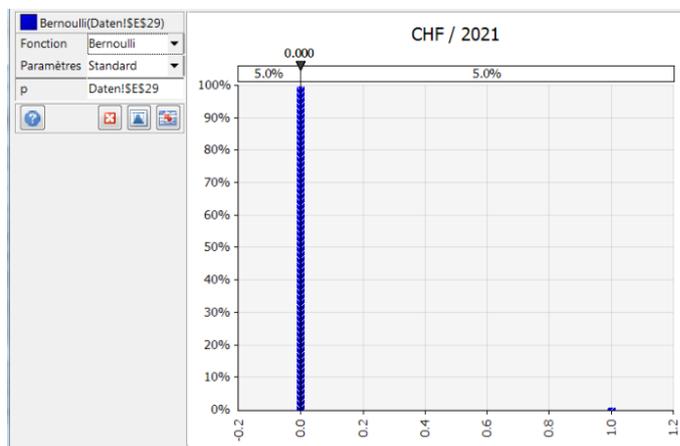


Abbildung 23: Diskrete Bernoulli-Verteilung für die Risikoereignisse im Jahr 2021

Die diskrete Bernoulli-Verteilung für die Risikoereignisse im Jahr 2021 (Abbildung 23) geht von einer Wahrscheinlichkeit von 99.5% aus, dass eine 0 herauskommt (Risikoereignis tritt nicht ein) und von 0.5%, dass eine 1 herauskommt (Risikoereignis tritt ein). Diese Werte werden mit dem Schadensausmass multipliziert (in unserem Modell ein fester Wert).

7.4 Resultate

Die NPV-Werte nach den beiden Methoden sind in Tabelle 2 gezeigt. Der NPV-Wert nach der deterministischen Methode liegt sehr nahe am arithmetischen Mittelwert der NPV-Werte nach der probabilistischen Methode.

NPV probabilistisch	MCHF(2020)	26 431 671
NPV deterministisch	MCHF(2020)	24 561 280

Tabelle 2: Resultate des Modells

Die probabilistische Ergebnisverteilung (Abbildung 24) für den NPV zeigt Folgendes:

- Der arithmetische Mittelwert des NPV liegt bei ca. 24.6 Millionen CHF.
- Die meisten NPV-Werte in der Verteilung sind um 26 bis 27 Millionen CHF konzentriert.
- Es gibt einen grossen, weniger wahrscheinlichen Bereich mit geringeren NPV-Werten, mit einem minimalen Wert bei 2.9 Millionen CHF.

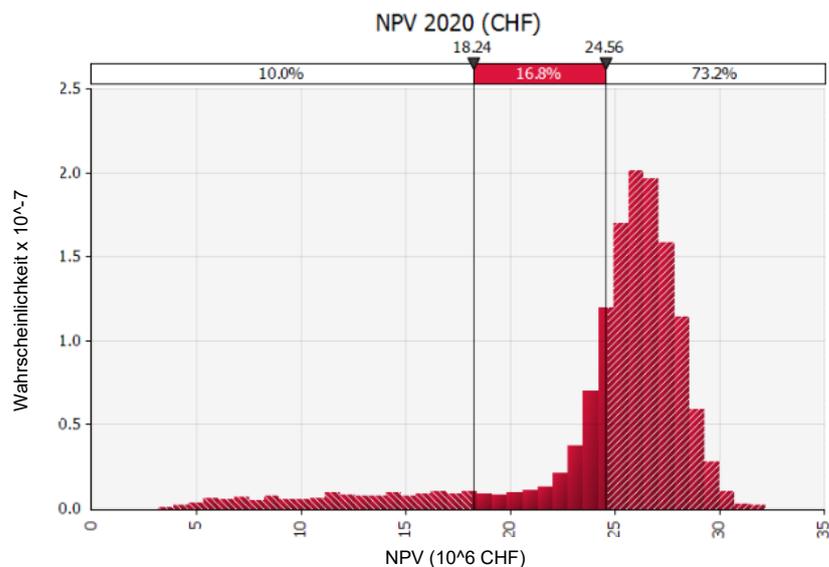


Abbildung 24: Ergebnisverteilung des NPV

Der Bereich in Abbildung 24 mit geringeren NPV-Werten (links im Bild) lässt sich per Risikoanalyse erklären: Nimmt man das Risikoereignis, dass ein Grosskunde abspringt weg, so verschwindet dieser Bereich in der Ergebnisverteilung (Abbildung 25).

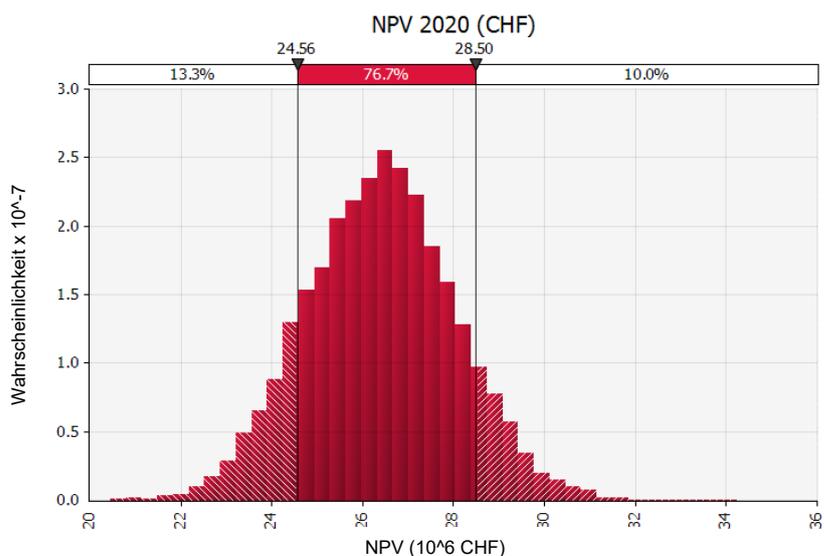


Abbildung 25: Ergebnisverteilung des NPV ohne das Risikoereignis, dass ein Grosskunde abspringt.

7.5 Analyse und Vergleich der Methoden

Obwohl die NPV-Werte der beiden Methoden sehr nahe beieinanderliegen (rund 24.6 Millionen CHF, siehe Tabelle 2), sieht man an der Ergebnisverteilung des NPV bei der probabilistischen Analyse (Abbildung 24), dass die Wahrscheinlichkeit mit rund 26.8% hoch ist, dass der NPV geringer ausfällt als der deterministische Wert. Die Ergebnisse zeigen, dass im schlimmsten Falle mit einem 88% geringerem NPV von 2.9 Millionen zu rechnen ist.

7.6 Perspektiven

Die probabilistische Risikoanalyse dient nicht nur zur Einschätzung der Ergebnisverteilung des NPV, sondern kann auch als Werkzeug zur konsequenten Identifizierung der grössten Projektrisiken, insbesondere bei komplexen Projekten mit vielen Eingangsparametern, genutzt werden. Für diese Risiken können dann verschiedene Massnahmen in Bezug auf Nutzen (Risikominderung) und Kosten abgeglichen werden (Kosten-Nutzenanalyse der Massnahmen). Dies gibt dem Betreiber eine solide Entscheidungsgrundlage.

Mit einer Monte-Carlo-Simulation könnte auch berechnet werden, ob und welche Redundanzen sich bei spezifischen Anlagenteilen des thermischen Netzes lohnen.