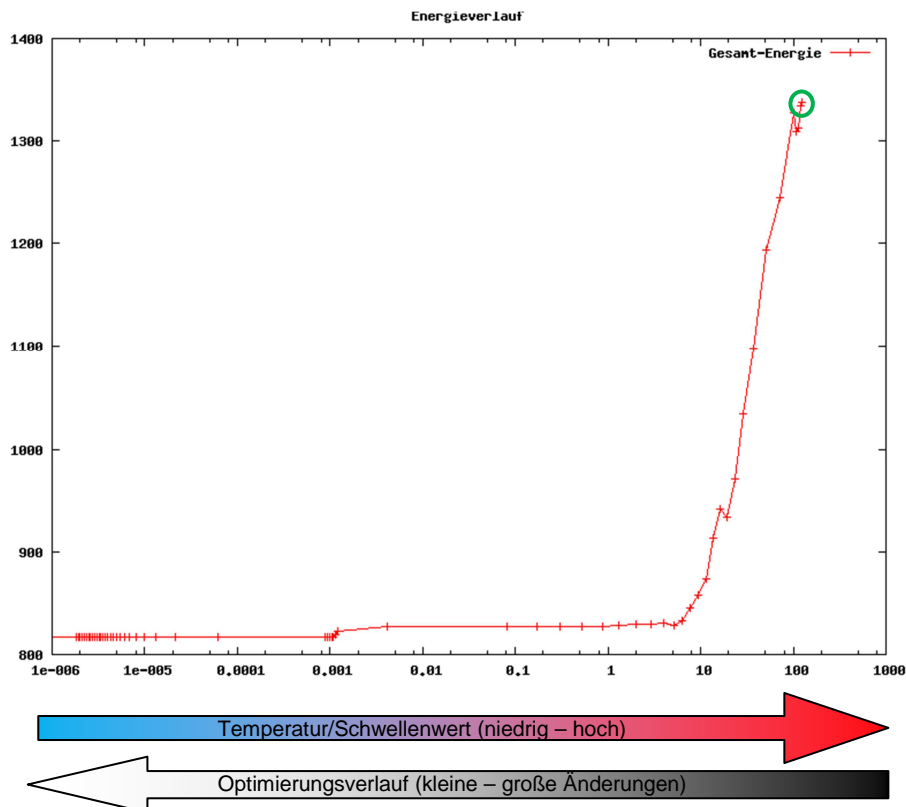


## Das Hintergrundgeschehen bei einer Optimierung

Der „Startpunkt“ der Optimierung mit noch nicht optimierten Touren und Aufträgen liegt rechts oben im Diagramm (siehe grüne Markierung). Nachfolgendes Diagramm zeigt den Verlauf der Kostenfunktion bzw. Energie abhängig von der Temperatur (oder Schwellenwert).



Je weiter Sie auf der X-Achse nach links gehen, desto weiter ist die Optimierung fortgeschritten bzw. desto mehr Änderungen wurden geprüft. Ziel der Optimierung ist die Temperatur/ den Schwellenwert am Optimierungsende möglichst niedrig zu halten, d.h. nur mehr kleinere Änderungen durchzuführen.

Wichtig ist, dass die Gesamtenergie langsam abkühlt wie in obiger Abbildung. An der Steigung der Kurve erkennt man, dass der Prozess des Abkühlens über einen großen Temperaturbereich verläuft.

Den physikalischen Vorgang bei der Optimierung bezeichnet man als Simuliertes Abkühlen („Simulated Annealing“). Ziel ist es, einen möglichst energiearmen Zustand zu erreichen.

OPTITOOOL beginnt die Simulation bei hohen Temperaturen. Dadurch befindet sich das System in einem ungeordneten Zustand, in dem beliebige Konfigurationen erlaubt und gleich wahrscheinlich sind. OPTITOOOL erzeugt zufällige Veränderungen am System, berechnet die Energiedifferenz und akzeptiert den Übergang zum neuen Zustand, wenn sich dadurch die Energie verringert. Die Wahrscheinlichkeit, mit der auch Verschlechterungen angenommen werden, ist dabei von der Temperatur abhängig: Je tiefer die Temperatur ist, umso wahrscheinlicher wird eine Veränderung angenommen, die zu einer Erhöhung der Energie führt. Dadurch kann das System einen energetisch günstigeren Zustand erreichen.

Dieser Schritt des Abkühlens wird solange wiederholt bis tiefe Temperaturen erreicht werden, wo sich die Energie zwischen den Temperaturschritten nicht mehr (stark) ändert. Aufgrund der Art des Abkühlens, also des simulierten Temperns, wird dieses Verfahren als Simulated Annealing bezeichnet.

Der „Fahrplan“ (Cooling Schedule), nach dem abgekühlt wird, hat großen Einfluss auf die Qualität der gefundenen Optimierungslösungen. Denn obwohl es beim Simulierten Abkühlen stets eine endliche Übergangswahrscheinlichkeit zum Verlassen eines lokalen Minimums gibt, kann es passieren, dass eine zu schnelle Abkühlung stattfindet und das System somit in einem metastabilen Zustand einfriert (Quenching).

Diese Verfahrensweise lässt sich leicht auf nicht-physikalische Probleme übertragen:

Die Rolle der Energie übernimmt die Kostenfunktion. Die Temperatur wird ein Kontrollparameter und die Zustände des Systems sind mögliche Lösungen der zu Grunde liegenden Problem Instanz.