

Aero- und thermodynamische Verhältnisse in tiefen Löchern unter Berücksichtigung der mikrometeorologischen Bedingungen innerhalb und außerhalb des Schachtes

Dipl.-Ing. Dr. techn. Manfred Bayerl, bayerl-consult Wien

Kurzfassung

Ein „tiefes Loch“ lässt sich durch Methoden der Differentialgeometrie beschreiben, wobei eine Abteufung von der Oberfläche der Erdkugel aus gesehen eher flach, schräg, senkrecht oder auf krummen Wegen in die Tiefe erfolgen kann. Auch Tunnel sind in gewisser Weise in diese Kategorie einzuordnen, mit dem Unterschied allerdings, dass diese über zwei Portale, das heißt, Zugänge von außen, verfügen, während die „tiefen Löcher“ nur einen solchen aufweisen.

Somit sind die aerodynamischen- und natürlichen thermodynamischen Verhältnisse, sprich die natürliche Strömung der Luft, in einem Tunnel andere als in einem „tiefen Loch“. Und auch die mehrerer „tiefer Löcher“ an unterschiedlichen Standorten lassen sich, wie wir noch sehen werden, nicht allgemein behandeln.

Warum beschäftigt man sich mit der Problematik „tiefer Löcher“, die ein sehr integratives, fächer-übergreifendes Thema darstellt? Mit zunehmender Bevölkerung, mit vermehrtem Müllaufkommen (auch Sondermüll), mit immer geringerem Platz, der auf der Erdoberfläche zur Verfügung steht, richtet sich der Blick des Menschen einerseits in den Weltraum, andererseits – und das ist mit ziemlicher Sicherheit eine nicht so utopische Sichtweise, in das Innere der Erde. Hier stehen Räume zur Verfügung, die genutzt werden sollten. Denkt man in Sibirien über unterirdische Städte nach, um Lebensraum in einem menschenwürdigen Klima zu schaffen, so beschäftigt sich dieses Projekt, zu dem von unterschiedlichen Fakultäten Vorarbeiten und Vorstudien gemacht werden, mit den Möglichkeiten von großen Abteufungen, möglicherweise verbunden mit Querschächten, um einen sicheren Platz für beispielsweise radioaktive Abfälle zu gestalten, der über mehrere Jahrhunderte seine Funktionsfähigkeit behält, oder in der Teilchenphysik unterirdische Detektoren für Forschungszwecke zu beherbergen, mit dem Nebeneffekt, dass auch Energie aus einem solchen Bauwerk gewonnen werden kann – Energie für den Eigenerhalt einer solchen Anlage, Energie aber auch für die Fremdnutzung.

Sowohl die eine wie die andere Nutzungsart macht es erforderlich, sich intensiv mit den aero- und thermodynamischen Vorgängen in einem solchen „tiefen Loch“ zu beschäftigen. Wesentlich sind hierbei die Beachtung der mikrometeorologischen Bedingungen in der Umgebung des geplanten tiefen Loches, die geologischen Verhältnisse und letztlich das Verfahren, mit welchem die Abteufung durchgeführt und das „tiefe Loch“ gegen seine Umgebung abgegrenzt wird.

Im „tiefen Loch“, das einen natürlichen kleinklimatischen Austausch mit dem umgebenden Gestein ermöglicht, sind die Temperaturfelder, Feuchten und Drücke in Schichten angeordnet. Es kommt zu einer Strömung von warm zu kalt, in dem Fall zu einem Auftrieb von unten nach oben, die abhängig ist von der durchströmten Geometrie, von Hindernissen, wo es zu Turbulenzen kommen kann und auch von der Möglichkeit der Nachströmung von Luft in die tieferen Regionen. Somit ergibt sich eine natürliche Belüftung, die es, gezielt geplant und mit baulichen Gegebenheiten bestmöglich ergänzt, ermöglichen kann, dass menschliches Leben und Arbeiten auch in größeren Tiefen möglich wird bzw. auch für die Lagerung von Abfällen die passenden kleinklimatischen Bedingungen am Lagerort erhalten werden.

Auf der anderen Seite kann die Luftströmung, die systemimmanente Dynamik, auch zur Energiegewinnung genutzt werden, die dann für mechanische Hilfsmittel nutzbar gemacht werden kann. Ein solches System wäre somit, nach dem sehr hohen Energieeinsatz für den

Bau doch längerfristig in der Lage, sich energetisch selbst zu versorgen, bzw. auch noch zur Energiegewinnung für andere Nutzungen beizutragen.

Handelt es sich um eine Methodik, welche die Umrandung des tiefen Loches quasi versiegelt, so wird die Problematik zu einem Raum-Zeit-Problem, bei welchem eine Diffusion zwischen Muttergestein und dem Luftraum des „tiefen Loches“ sehr viel langsamer nach Vorgängen der statistischen Mechanik vor sich geht. Es sind damit die Temperaturen im Inneren nicht so groß wie bei einer „natürlichen“ Umrandung des Loches, somit sind die erforderlichen klimatischen Bedingungen im tiefen Loch nicht mit so einem großen Aufwand zu erhalten, allerdings ist aber die Energiegewinnung bedeutend kleiner durch eine geringere natürliche Auftriebsströmung. Auch wenn äußere Einflüsse zu einer natürlichen Luftbewegung in Inneren führen, so ist die Luft im Inneren in der Tiefe schwächer komprimierbar, und daher weniger imstande, einen tatsächlichen Luftaustausch mit der Erdoberfläche zu ermöglichen.

Was bedeuten diese physikalischen Ansätze für unser Projekt. Mathematisch stellt sich das Kernproblem der aerodynamischen und thermodynamischen Verhältnisse und ihrer Nutzung in einem tiefen Loch als Variationsproblem dar. Das bedeutet – es sind zu viele Standort und Methodik bezogene Parameter in die Vorplanung und Planung einzubringen, als dass dieses Problem verallgemeinert werden könnte. Wesentlich sind die Kenntnis des Standorts, die Kenntnis der klimatischen Bedingungen in der Umgebung, die Kenntnis der geologischen Verhältnisse, die Kenntnis der Methodik der Abteufung und der sich daraus ergebenden Oberflächen- und Diffusionsbedingungen.

Das mathematisch-physikalische Problem der aero- und thermodynamischen Bedingungen im „tiefen Loch“ lässt sich mit Hilfe von speziellen physikalischen Modellen schon im Vorfeld der Abteufung mittels dynamischer Simulation prognostizieren. Wichtig ist es dabei, dass die Planung dynamisch bleibt und bei jeder zusätzlichen problemangepassten Erkenntnis das Modell erweitert und verfeinert wird, dass die physikalischen Modelle das jeweilige Projekt also von vor dem Spatenstich bis zur Endnutzung nach Fertigstellung begleiten. Damit lassen sich auch unterschiedliche Varianten von Kriterien durchspielen und die Planung der Maßnahmen für den Erhalt des angestrebten Mikroklimas unter Berücksichtigung aller sonstigen Nutzungswünsche immer weiter optimieren.