

Erdgasspeicher Berlin – Methoden der Betriebsführung

Berlin Gas Storage – Management Methods

Von A. SCHNEIDER, M. STARK UND W. LITTMANN*

ABSTRACT
 GASAG Berliner Gaswerke AG is the local gas distributor for the German Capital Berlin. The gas distribution system consists of a pipeline network with a total length of about 6590 km, 5 gas delivery stations and an aquifer gas storage having a capacity of 1085 million m³. The gas supply is granted to more than 700,000 customers over the year, where the gas storage is used for the balance of seasonal demand variations. The storage plant, which was built in former West-Berlin before the reunification of Germany, is located in a city-district with residential areas, parks, recreation areas as well as areas identified as water and environmentally protected. These facts resulted in a high level licensing procedure resulting in cost intensive imposts with regard to plant safety industrial health and safety standards as well as environmental protection.

The Berlin gas storage is directly connected to a 40 bar transportation pipeline around the city, operated by Gasag. This transportation line directly supplies various industrial consumers and discharges the gas into the lower pressured city pipeline system. The present net geometry allows the gas storage to be operated for peak shaving during the winter for the whole city.

Due to the regional and political situation of Berlin during the cold war, the gas storage was originally anticipated for reserve management. This was imposed by the allies, having the last political decision in Berlin at that time, before the gas supply for Berlin was allowed to be converted from synthetic gas to natural gas delivered mainly from Siberia. For the reason of a reliable gas supply the storage plant was equipped with considerable redundancy of the surface facilities. After the fall of the Berlin wall and the reunification of Germany in 1990 the gas storage was converted to pure peak shaving and balance between supply and demand as well as gas price optimisation, by giving up these redundancies. The current operation of the storage is aimed to savings in gas purchasing and improvement of the company's profit situation.

These commercial requirements are made

sure by the Berlin storage plant, having an extraordinary complexity.

The commercial and legal requirements on the gas storage necessitate a systematic organisation and procedures or functions, necessary for the storage management, not only to meet these requirements, but also to continuously improve the processes and thus be able to react flexible and fast to changing challenges.

The improvement of the storage performance, i.e. the short-, medium- and long-term improvement of the capacity, does not only have static aspects, but has to be looked at in relation to the facts given and their dynamic changes in an holistic way. In this sense improvement does not automatically mean "more", but may be "less" or a different relation between capacity and working gas volume.

To guarantee this, different methods are applied by the storage management. These methods serve to identify and implement measures, where the main objectives are the gas economic demands.

KURZFASSUNG

Das Unternehmen GASAG sichert mit einem Leitungsnetz von gut 6.590 km Länge, fünf Übernahmestationen und dem Erdgasspeicher Berlin mit einem Speichervermögen von 1.085 Mio m³ (V_N) für mehr als 700.000 Berliner Kunden die ganzjährige Versorgung mit dem Energieträger Erdgas. Das Gebiet, in dem der Erdgasspeicher Berlin errichtet wurde, liegt in einem Bereich der Stadt, der von mittlerer bis hoher Bebauungsdichte, von Sport- und Erholungsflächen, von Landschafts- und Wasserschutzgebieten sowie diversen anderen für den Betrieb eines Aquiferspeichers problematischen Punkten geprägt ist. Daraus resultierten neben aufwändigen Genehmigungsverfahren technisch aufwändige und kostenintensive Auflagen, die sich auf die Anlagensicherheit sowie den Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz bezogen.

Aufgrund der damaligen regionalen und politischen Inselsituation des Landes Berlin und der damit verbundenen Restriktionen war der Erdgasspeicher Berlin ursprünglich als Reservespeicher konzipiert worden, d. h. zum eingeschränkten saisonalen Mengenausgleich zwischen Gasbezug und Gasbedarf. Aus Gründen der Versorgungssicherheit wurde

er mit nicht unerheblichen Redundanzen im obertägigen Anlagenbereich versehen.

Nach dem Fall der Mauer und der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 wird der Speicher unter Verzicht auf die Redundanzen zum Leistungsausgleich zwischen Gasbezug und Gasbedarf (Leistungsbezugsoptimierung) sowie zur Arbeitspreisoptimierung eingesetzt. Dabei ist die Speicherfahrweise ausgerichtet auf die Kappung der Bedarfs-spitzen des Versorgungsgebietes bzw. für den Einkauf günstiger Gasmengen, d. h. auf die Einsparung von Kosten im Gasbezug und damit die Verbesserung der Gewinnsituation des Unternehmens.

Die gaswirtschaftlichen Aufgaben werden umgesetzt mit der Anlage Erdgasspeicher Berlin, die aufgrund der lokalen Verhältnisse außerordentliche Komplexität besitzt.

Die Anforderungen an den Speicher (formulierte bzw. nicht formulierte Kundenanforderungen) bedingen zu ihrer Realisierung auch eine Systematik in der Organisation, Ablauforganisation bzw. notwendige Funktionen für die Betriebsführung, nicht nur um den Gegebenheiten Rechnung zu tragen, sondern auch um eine kontinuierliche Verbesserung zu gewährleisten sowie schnell und flexibel auf sich ändernde Anforderungen zu reagieren.

Die Verbesserung von Speicherperformance, d. h. die bedarfsgerecht bewertete Verbesserung des kurz-, mittel- und langfristigen Leistungs-/Arbeitsvermögens des Erdgasspeichers Berlin hat nicht nur rein statische Aspekte, sondern ist in Abhängigkeit der Gegebenheiten und ihrer Änderungen bzw. der Dynamik der Änderungen ganzheitlich zu betrachten. Verbesserung in diesem Sinne bedeutet dann nicht nur »mehr« sondern erforderlichenfalls auch »weniger« bzw. eine andere Relation von Leistung und Arbeit.

Um dies zu gewährleisten, werden durch den Betrieb Speicher diverse Methoden angewendet. Die Methoden dienen zur Ableitung und Umsetzung von Maßnahmen, wobei die führende Größe die gaswirtschaftlichen Anforderungen sind.

1 EINLEITUNG

Der Erdgasspeicher Berlin wurde unter dem Gesichtspunkt einer politisch notwendigen Krisenbevorratung für Westberlin von 1985 bis 1992 errichtet und war erst in zweiter Linie als Speicher für den saisonalen Ausgleich konzipiert [1]. Nach dem Fall der Mauer und der Wiedervereinigung

*A. Schneider, M. Stark, GASAG Berliner Gaswerke AG, Berlin; W. Littmann, CRE, Wunstorf
 (E-mail: aschneider@gasag.de; w.littmann@cre-net.de).

0179-3187/02/11
 © 2002 URBAN-VERLAG Hamburg/Wien GmbH

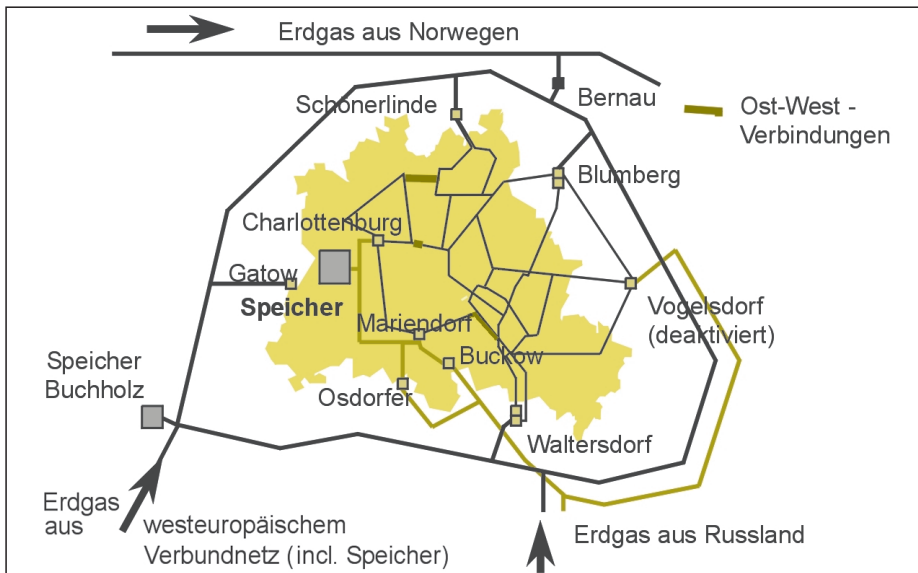


Abb. 1 Gasversorgungssituation der Landes Berlin

Deutschlands 1990 änderten sich die Aufgaben für den Speicher gravierend. Das hohe Speichervermögen von 1.085 Mio. m³ (V_n) mit einer Bevorratungsmenge für ca. 1 Jahr war für die Anforderungen der GASAG mit einem expandierenden Versorgungsnetz nicht mehr der entscheidende Gesichtspunkt, sondern die Optimierung des Gasbezugs und damit die sichere Versorgung ihrer Kunden mit Erdgas zu günstigen Preisen. Hiermit ergeben sich für den Betrieb des Speichers wechselnde Anforderungen, mit dem wesentlichen Ziel, die Verfügbarkeit des Speichers für die Belange des Kunden GASAG zu garantieren und die Arbeitsgas-mengen mit der erforderlichen Leistung bereitzustellen. Mit der Liberalisierung der Gasmärkte werden diese Anforderungen noch komplexer und der Speicherbetrieb muss auf sich stetig ändernde Anforderungen noch flexibler und schneller reagieren können. Dies bedeutet eine ständige Überwachung und Überprüfung der Speicherperformance und die Schaffung von Möglichkeiten, bei sich abzeichnenden Einbußen von Speicherleistung in allen betroffenen Bereichen schnell, zuverlässig und effektiv die geeigneten Maßnahmen einleiten zu können. Im Betrieb Speicher wurden hierzu geeignete Methoden entwickelt, mit denen alle beteiligten internen Prozesse optimal gesteuert werden. Mit der Absicherung dieser Methoden durch eine Zertifizierung nach der Norm DIN EN ISO 9001 und DIN EN ISO 14001 werden die gaswirtschaftlichen Anforderungen erfüllt und der bestimmungsgemäße Betrieb des Erdgasspeichers Berlin gewährleistet.

2 ECKDATEN DES ERDGASSPEICHERS BERLIN

2.1 Gasversorgungssituation des Landes Berlin

Der Erdgasspeicher Berlin ist direkt an eine stadtinterne 40-bar-Erdgas-Transportleitung der GASAG angebunden. Diese Erdgas-transportleitung verbindet in Form eines

Halbringes die Übernahmestation Buckow im Süden Berlins zunächst mit dem südlichen HD-Verteilungsknoten, der Reduzier- und Verteilungsstation Mariendorf, sodann mit dem Speicherbetriebsplatz in der Glockenturmstraße und schließlich mit dem nördlichen HD-Verteilungsknoten, der Reduzier- und Verteilerstation Charlottenburg. Über sie erfolgt, abgesehen von der Versorgung weniger direkt an die Transportleitung angeschlossener Abnehmer, die Einspeisung in das in den Druckstufen niedriger ausgelegte übrige Hochdruck- und Mitteldrucksystem. Die vorhandene Netzgeometrie ermöglicht u. a. auch den Einsatz des Speichers zur Deckung der Winterbedarfsspitzen der gesamten Stadt (Abb. 1).

2.2 Geologie und Lagerstätte

Schon bei der Errichtung des Speichers wurde der Lozierung der Bohrungen eine hohe Aufmerksamkeit geschenkt. Der Erdgasspeicher Berlin zeichnet sich durch eine komplizierte Tektonik aus. Hierdurch bedingt kann der Speicher in mindestens acht Bereiche unterteilt werden, die mehr oder weniger stark miteinander kommunizieren. Dies sind jeweils zwei Bereiche östlich und westlich der Grabenstörung, die man noch in die Detfurth-Oberbank und -Unterbank unterteilen muss. Darüber hinaus sind auch noch höher liegende Sande, wenn auch nur in geringerem Maße, am Speichergeschehen beteiligt. Lithologisch unterscheiden sich die Sande der Detfurth-Oberbank und der Unterbank ebenfalls sehr stark. Bei der Unterbank handelt es sich um einen we-

nig verfestigten Sandstein mit hoher Matrix-permeabilität, während die Oberbank stark zementiert ist mit einer deutlich geringeren Matrixpermeabilität und Mächtigkeit. Die Oberbank weist jedoch im zentralen Teil der Struktur eine hohe Klüftigkeit auf, wodurch relativ hohe Entnahmeraten realisiert werden können.

In Abbildung 2 ist die Lage der Betriebsplätze und der Bohrungen dargestellt. Zur Orientierung ist die Topografie hinterlegt und der Verlauf der wesentlichen Störungen dargestellt. Die Speicherhorizonte sind die Detfurth-Unterbank und -Oberbank im Buntsandstein in einer Teufe im Top von ca. 800 m uNN.

2.3 Speichersonden

Für den Speicherbetrieb stehen 12 Sonden, die von drei Betriebsplätzen gerichtet gebohrt sind, zur Verfügung. Vier der insgesamt 16 Bohrungen können nur eingeschränkt verwendet werden.

Die unterschiedliche Ausbildung der Speichersande bedingen zunächst eine völlig andere Komplettierung. Die Unterbankbohrungen sind mit einem Sandfilter und einem Gravelpack ausgestattet, während in der Oberbank eine einfache Komplettierung ausreicht. In ihrem Förderverhalten unterscheiden sich die Bohrungen ebenfalls sehr stark. Die Bohrungen sind überwiegend mit 5 1/2"-Steigrohren ausgestattet, einige ältere Bohrungen jedoch auch nur mit 4"-Steigrohren. Die Bohrungen sind von vier Sondenplätzen aus abgeteuft, von denen drei im Betrieb sind, der Platz A mit den Bohrungen B2 und B3 ist nicht angeschlossen, die Bohrung B2 ist noch verwasert, die Bohrung B3 zeigt eine Gassättigung in der Oberbank und am Topp der Unterbank.

Mit den Speichersonden und den vorhandenen Speichereinrichtungen kann eine Ausspeicherleistung von 450.000 m³ (V_n)/h erreicht werden.

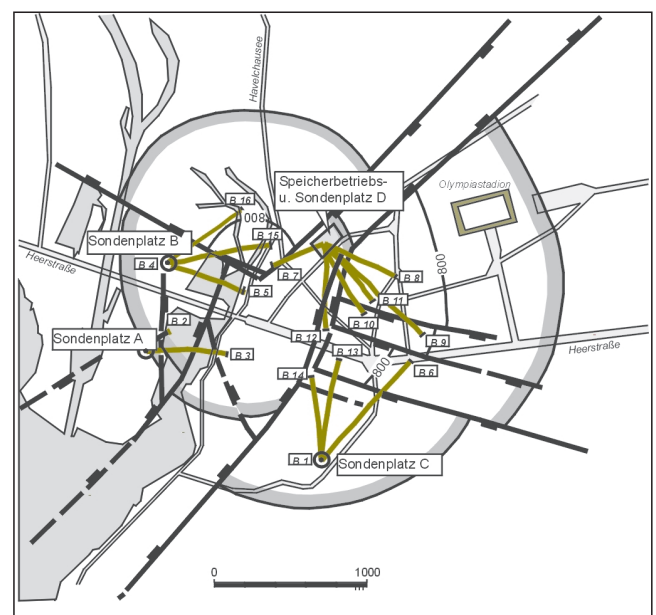


Abb. 2 Erdgasspeicher Berlin – Lage der Betriebsplätze und Bohrungen

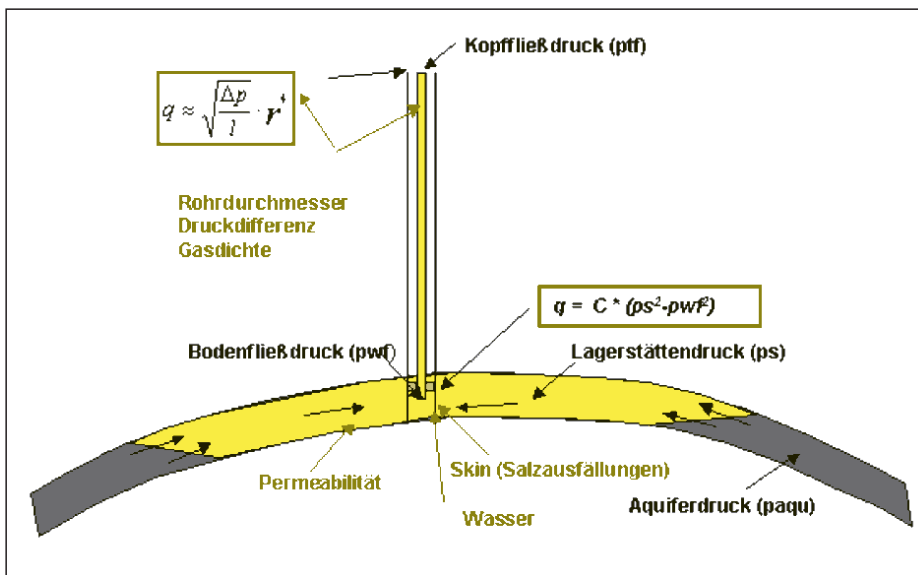


Abb. 3 Einflussfaktoren für die Performance eines Aquiferspeichers

2.4 Speicheranlagen

Die oberirdigen Speicheranlagen sind auf drei der vier Sondenplätze verteilt. Die Kolbenverdichter befinden sich auf dem Hauptbetriebsplatz (Platz D) in der Glockenturmstraße in schallgeschützten Gebäuden und sind dort zusätzlich zur Dämpfung von Schwingungen auf besonderen Fundamenten gelagert. Ebenfalls aus Emmissionsschutzgründen werden die Kompressoren elektrisch angetrieben.

Die Sondenplätze A, B, und D liegen im Wasserschutzgebiet Tiefwerder der Zone III. Hieraus entstand die Forderung zur dezentralen Trocknung des Gases. Die Errichtung des Sondenplatzes B als Kellerbauwerk war ebenfalls eine behördliche Forderung, die eine elektrisch betriebene Gastrocknungsanlage zur Folge hatte. Die im Prozess anfallenden Wasser werden dezentral in den Rüdersdorfer Schaumkalk versenkt.

Die gesamte Stromversorgung der Anlagen erfolgt über mehrere 10-kV- und 400-V-Übergabestationen der Bewag. Zusätzlich sind auf jedem Platz Notstromanlagen inkl. USV installiert. Das Rohrleitungssystem der Anlage hat eine Länge von ca. 4 km. Das Prozessleitsystem umfasst ca. 12.000 Steuer-, Mess- und Regelpunkte mit ca. 20.000 Prozessvariablen.

Insgesamt verfügt der Speicher über sieben Bauwerke und zwei Kellerbauwerke, die mit aufwändigen Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen versehen sind.

3 SPEICHERPERFORMANCE

An Erdgasspeicher wird oftmals und verständlicherweise die Anforderung gestellt, die gewünschte Leistung möglichst bis zur völligen Entleerung darzustellen. Die mit steigender Entnahme abnehmende Leistungsfähigkeit eines Erdgas-Porenspeichers hat verschiedene Ursachen. In Abbildung 3 ist das System eines Aquiferspeichers schematisch dargestellt.

Die Ausspeicherleistung eines Aquiferspei-

chers wird durch Einflussfaktoren wie dem Speicherinhalt und dem dazugehörigen Druck, der Permeabilität des Speichergesteins und der Anzahl und Leistungsfähigkeit der Speicherbohrungen bestimmt. Die Spannung des Aquifers wirkt zum Ende der Ausspeicherperiode, nach Unterschreiten des Gleichgewichtsdruckes zwischen Speichergas und Aquifer, druckunterstützend und führt damit zu einer Erhaltung der Speicherleistung. Der Einfluss des Aquifers auf das Speicherverhalten wird durch seine Größe und die Fließbedingungen des Wassers im Porenraum bestimmt. Die Leistungsfähigkeit der Sonden hängt einerseits von den Zuflussbedingungen aus der Lagerstätte ab und andererseits von der Fließkapazität der Steigrohre. Der Zufluss aus der Lagerstätte in die Bohrungen wird durch die Gassättigung im Porenraum und dessen Permeabilität bestimmt. In der Nähe von Bohrungen kann es im Lagerstättenbereich zur Erniedri-

gung der Permeabilität (Skin) kommen. Dies ist meist auf die Ausfällung von Salzen zurückzuführen.

Dynamisch wird die Leistung durch den abnehmenden Speicherdruck, die damit verbundene Beschränkung des Zuflusses aus der Lagerstätte (Inflow-Performance-Relation/IPR) und die Verringerung der Transportkapazität der Bohrungen (Outflow-Performance-Relation/OPR) beeinflusst (Abb. 4). Der Druck in einem Aquiferspeicher verhält sich proportional zum Speicherinhalt, so dass die Energie im Speicher während der Ausspeicherung abnimmt und damit der Zufluss in die Bohrungen. Mit fallendem Druck verringert sich auch die Dichte des Gases, so dass der Massenstrom in den Steigrohren bei gleicher Druckdifferenz zwischen Lagerstätte und Bohrenskopf ebenfalls abnimmt. Eine weitere Leistungsminderung der Bohrungen kann zum Ende der Ausspeicherperiode durch den verstärkten Zufluss von Lagerstättenwasser bewirkt werden.

Aus allen Einflussfaktoren ergibt sich dann die Speicherleistung zu jedem Befüllungs- und Druckzustand des Speichers. In der Abbildung 5 ist eine ideale Leistungskurve eingetragen (Ausspeicherrate vs. Speicherinhalt). Der Abfall der Speicherleistung mit dem Speicherinhalt erfolgt nicht linear wie der Druckabfall, sondern die Performance ist von den Faktoren, wie sie oben zusammengefasst sind, abhängig.

Hinzu kommen dann noch die Einflüsse, die sich aus den oberirdigen Anlagen ergeben, wie die Kapazität der Transportleitungen, der Wasserabscheidung, -ausschleusung und der Gastrocknung.

Die Leistungsfähigkeit eines Aquiferspeichers setzt sich also aus statischen Komponenten zusammen wie dem maximal möglichen bzw. zulässigen Speicherdruck, der geologischen Ausbildung der Lagerstätte, der Größe des Aquifers und der Porosität und Permeabilität des Speichergesteins. Die Auslegung der Förderbohrungen bestimmt

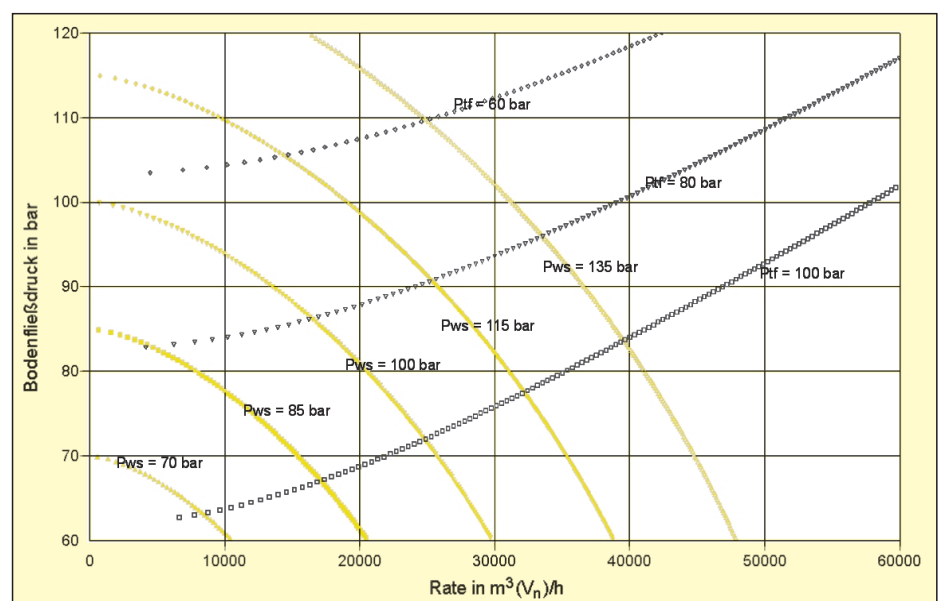


Abb. 4 Inflow-Performance und Outflow-Performance einer Bohrung

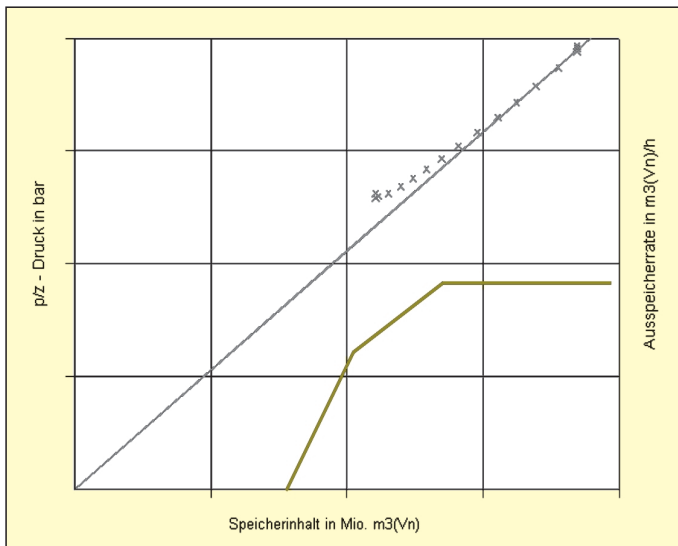


Abb. 5 Typisches Druckverhalten eines Aquiferspeichers während der Auspeicherung (Marker) und Leistungsdiagramm (rote Linie)

ebenfalls die möglichen Auspeicherraten. Im obertägigen Bereich sind dies die Kapazität des Leitungssystems, der Trocknungsanlagen aber auch dem Mindestdruck für die Netzeinspeisung.

Dynamisch wird die Speicherperformance durch den abnehmenden Speicherdruck, die zunehmende Verwässerung der Bohrungen und damit verbundene Salzausfällungen beeinflusst.

4 ANFORDERUNGEN AN DIE BETRIEBSFÜHRUNG DES ERDGASSPEICHERS BERLIN

Durch den Einsatz des Speichers werden die täglichen und saisonalen Schwankungen des Gasbedarfes ausgeglichen. Dadurch kann annähernd ein konstanter Leistungsbezug über das Jahr sicher gestellt werden.

Die gaswirtschaftlichen Aufgaben werden umgesetzt mit der Anlage Erdgasspeicher Berlin, die aufgrund der lokalen Verhältnisse außerordentliche Komplexität besitzt.

Der Errichtung und dem Betrieb des Erdgasspeichers einschließlich aller seiner technischen und baulichen Anlagen lagen diverse Schutzziele, wie Schutz von Personen, der Umwelt und von Sachwerten, zugrunde, die auch in einer Sicherheitsanalyse von 1990 bzw. heute in einem nach der novellierten Störfallverordnung geforderten Sicherheitsbericht dokumentiert sind.

Insgesamt werden die folgenden Anforderungen an die Betriebsführung definiert, wobei die Betriebsführung auf die Erfüllung der gaswirtschaftlichen Anforderungen ausgerichtet ist.

- Gaswirtschaftliche Anforderungen
- Wirtschaftliche/betriebswirtschaftliche Anforderungen
- Umfeldbedingte Anforderungen
- Technische Anforderungen
- Öffentlich-rechtliche Anforderungen
- Anforderungen durch die Objektgesellschaft Speicher GbR
- Politik, Strategie, Ziele des Unternehmens GASAG.

Diese Anforderungen (formulierte bzw. nicht formulierte Kundenanforderungen) bedingen zu ihrer Realisierung auch eine Systematik in der Organisation, Ablauforganisation bzw. notwendige Funktionen für die Betriebsführung, nicht nur um den Gegebenheiten Rechnung zu tragen, sondern auch um eine kontinuierliche Verbesserung zu gewährleisten sowie schnell und flexibel auf sich ändernde Anforderungen zu reagieren.

forderungen sind. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich z. B. um:

- Behandlungsmaßnahmen (Wasserbehandlungen, Säuerungen)
- Instandhaltungsmaßnahmen (bedarfsgerechte Glykolregenerierung, Verdichtervartung)
- Anlagenoptimierungen (Messstrecken, Ausschleusungen)
- Sondenoptimierungen (Umkomplettierungen).

5.1 Organisation, Ablauforganisation und Managementsystem

Die Organisationseinheit »Betrieb Speicher« der GASAG ist zuständig und verantwortlich für die Betriebsführung des Bergbaubetriebes »Erdgasspeicher Berlin«. Sie ist als eigenständiger Geschäftsbereich direkt dem Vorstand Gaswirtschaft und Technik unterstellt. Die Unternehmensverantwortung im Sinne des § 58 BBergG ist vom Vorstand auf den Abteilungsleiter übertragen.

Die Organisationseinheit ist in vier prozessablauforientierte Bereiche gegliedert.

- Leitung
- Planung
- Arbeitsvorbereitung
- Ausführung.

Neben den technischen und wirtschaftlichen Verpflichtungen werden auch alle öffentlich-rechtlichen Verpflichtungen zum Schutz von Personen, der Umwelt und von Sachwerten durch den »Betrieb Speicher« wahrgenommen. Für die Ausgestaltung der Einheiten galten folgende Prämissen: Fremdvergabe von Dienstleistungsaufgaben sowie Verdichtung von Kernaufgaben auf Teams und Stellen; Know-how-Erhalt, d. h. Erhalt der nach Bergrecht ohnehin erforderlichen Fachkunde für die Umsetzung der Anforderungen.

Insgesamt sind zurzeit 27 Mitarbeiter inkl. Schichtpersonal im Betrieb beschäftigt. Neben den fachlichen Aufgaben werden auch

5 METHODIK

Die Verbesserung von Speicherperformance, d. h. die bedarfsgerechte bewertete Verbesserung des kurz-, mittel- und langfristigen Leistungs-/Arbeitsvermögens des Erdgasspeichers Berlin hat nicht nur rein statische Aspekte, sondern ist in Abhängigkeit der Gegebenheiten und ihrer Änderungen bzw. der Dynamik der Änderungen ganzheitlich zu betrachten. Verbesserung in diesem Sinne bedeutet dann nicht nur »mehr« sondern erforderlichenfalls auch »weniger« bzw. eine andere Relation von Leistung und Arbeit.

Um dies zu gewährleisten werden durch den Betrieb Speicher diverse Methoden angewendet. Die Methoden dienen zur Ableitung und Umsetzung von Maßnahmen, wobei die führende Größe die gaswirtschaftlichen An-

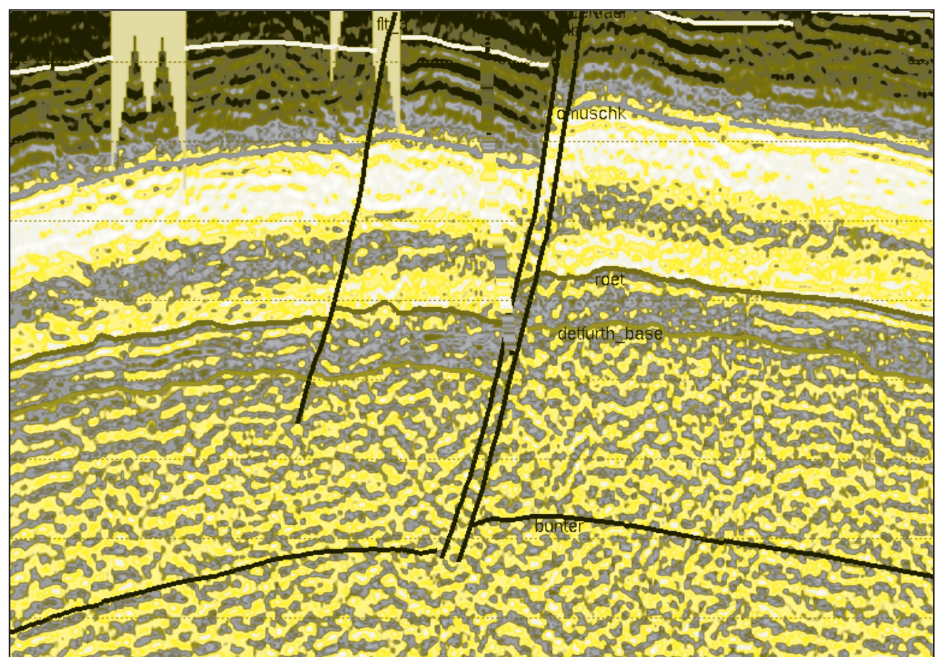


Abb. 6 Geomodel des Speichers Berlin- Schnitt durch den Graben

besondere Aufgaben im Sinne des Arbeitsschutzes, des Umweltschutzes und der Anlagensicherheit von Beschäftigten abgedeckt. Im Schichtdienst werden sechs Mitarbeiter eingesetzt. Da es sich bei dem Betrieb des Speichers um einen azyklischen Betrieb handelt, wobei im Winter die höchsten Anforderungen an die Verfügbarkeit der Anlage besteht, werden in den Ausspeichermonaten zusätzlich Mitarbeiter in den Schichten eingesetzt, die im Sommer gemeinsam mit Servicefirmen Instandhaltungsarbeiten durchführen.

Grundlage der Betriebsführung ist die Differenzierung der betrieblichen Prozesse in Kernprozess und Unterstützungsprozesse. Kernprozess ist der »Bestimmungsgemäße Betrieb« der Anlage Erdgasspeicher Berlin, mit dem die Umsetzung der Kundenanforderungen als Führungsprozess, d. h. die Bedienung der erforderlichen Leistungen und Mengen, erfolgt. Der Führungsprozess besitzt eine Schnittstelle zur Lagerstättenbearbeitung.

5.2 Automatisiertes Anlagen- und Lagerstättenmonitoring

Die Produktions- und Druckdaten der Speichersonden und der Gasanlagen werden direkt aus dem Prozessleitsystem gewonnen, aufbereitet und in einer zentralen Datenbank abgelegt. Ein Update des Simulationsmodells kann damit täglich erfolgen. Die Ergebnisse der Simulation stehen dem Betrieb online zur Verfügung.

Die notwendigen Daten werden im Zuge der Durchführung des Kernprozesses gewonnen und organisiert. Produktions-, Log- und Testdaten fließen in verschiedene Teilprozesse der Lagerstättenbearbeitung ein.

5.3 Simulationsmodelle

5.3.1 Geosimulation

Für den sicheren Speicherbetrieb ist die bestmögliche Kenntnis der geologischen Verhältnisse erforderlich. Eine Schwierigkeit beim Aufbau eines Lagerstättenmodells auf der Grundlage seismischer Daten ist die geringe Auflösung der Seismik im Bereich der Speichersande. Eine Verbesserung der Auflösung wurde durch Kombination der Seismik mit Bohrlochdaten und Konvertierung der seismischen Profile zu Impedanzprofilen möglich (Seismik-Inversion). Aus der Impedanz wurden andere Gebirgseigenschaften wie z. B. Dichte und Porosität abgeleitet. Die während der Explorationsphase geschossene Seismik wurde dem Fortschritt verbesserter Auswertverfahren und der Computertechnik entsprechend neu prozessiert und interpretiert. Hiermit und mit den Daten aus den Bohrungen wurde ein verbessertes geologisches 3D-Modell erstellt. Mit diesem Modell konnte nicht nur die Lagerstättensimulation ergänzt werden, sondern es wurde auch als Ausgangspunkt für gebirgsmechanische Berechnungen verwendet, um hiermit den maximal zugelassenen Speicherdruck und die Dichtigkeit der Deckschichten weiter abzusichern.

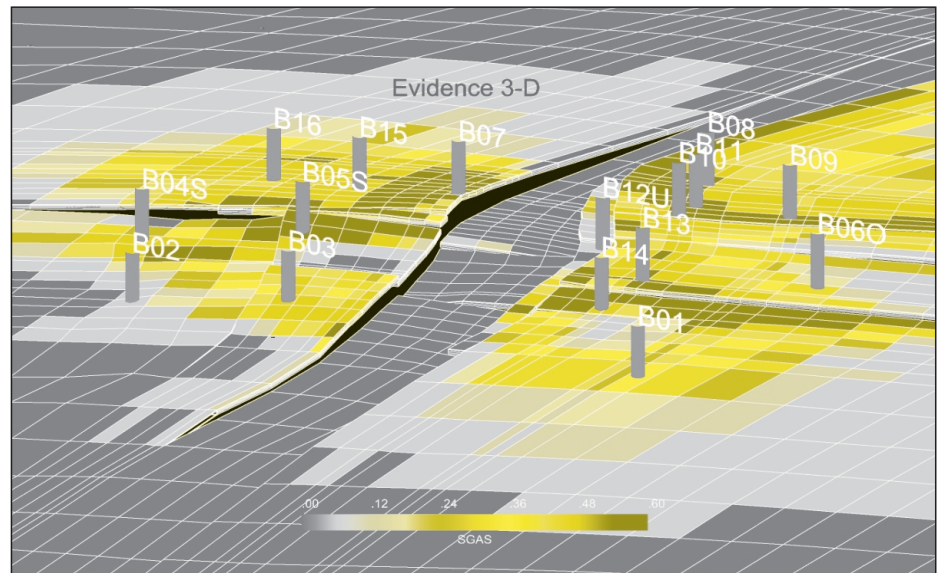


Abb. 7 Simulationsmodell – Gasverteilung

5.3.2 Lagerstättensimulation

Die Lagerstätte, Speichersonden sowie die gesamte obertägige Gasanlage ist in einem Simulationsmodell abgebildet, in das die gaswirtschaftlichen Anforderungen eingestellt werden.

Das History-Match wurde an den Kopfdrukken, Bodendrücken, der Verwässerung und anhand der vertikalen und arealen Gasverteilung geeicht. Für die vertikale Aufteilung des Blockmodells und die entsprechende Zuordnung der Permeabilität und Porosität wurden auch PLT-Logs und Pulsed-Neutron-Messungen verwendet. Weiterhin wurden speziell während der Aufbauphase Druckaufbaumessungen für die Erstellung von relativen Permeabilitäten und für die Kontrolle der Gasausbreitung hinzugezogen. Die Planung, Befüllung und der Betrieb des Speichers werden mit Hilfe des Simulationsmodells gesteuert. Die Simulation ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der Gasausbreitung in den Speichersanden und auch zur Berechnung von möglichen Gasumstiegen in die zwischen den Speicherhori-

zonten und der Deckschicht gelegenen Sande des Hardegens und Solling. Damit dient die Simulation einerseits zur Steuerung und Optimierung des Speicherbetriebes unter produktionstechnischen Gesichtspunkten und andererseits zur Gewährleistung und Überwachung der Bergbausicherheit.

Für Quicklooks wird ein Tankmodell verwendet, in das die Ergebnisse der Bohrungsteste einfließen. Die Vorhersagen für den Speichereinsatz können mit diesem Modell schnell und in weiten Bereichen zuverlässig durchgeführt werden.

Die Speicherüberwachung erfolgt durch den Vergleich mit dem Simulationsmodell und regelmäßige Gassättigungsmessungen durch Pulsed-Neutron-Logging.

Die geologische und lagerstättentechnische Bearbeitung kann nie als abgeschlossen betrachtet werden. Ergebnisse der Speicherbeobachtung machen es immer wieder erforderlich, noch detaillierter zu arbeiten. Dies ist dann für eine bessere Erschließung der einzelnen Speicherbereiche oder die Planung von Aufwältigungsarbeiten hilfreich.

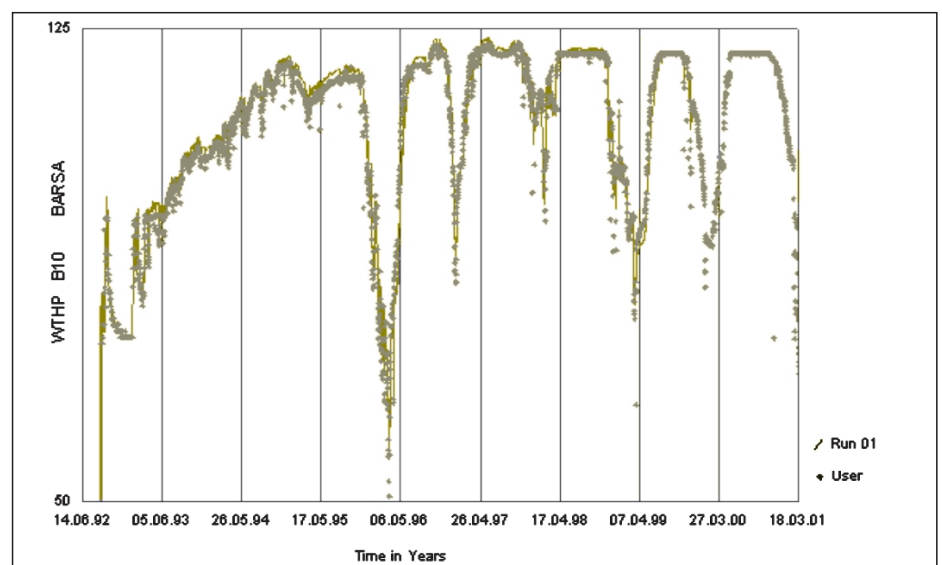


Abb. 8 Simulation History-Match des Kopfdruckes einer Bohrung

Die exakte Beschreibung des Speicherverhaltens ist die wesentliche Voraussetzung für eine Optimierung des Speicherverhaltens. Hierdurch kann z. B. das geologische Risiko bei Umkompletierungen oder Neubohrungen erheblich reduziert werden. Vorhersagen des Speicherverhaltens für die lang-, mittel- und kurzfristige Planung sind nur dann möglich.

5.4 Instandhaltung

Die Überwachung der Anlagen der Sonden und der Lagerstätte erfolgt weitgehend automatisch. Ziel der Online-Zustandsüberwachung ist es, auf Basis laufender Messungen verschiedener Größen und deren Analyse, Kenntnisse über den Zustand zu erlangen. Durch den Einsatz des Online-Zustandsdiagnosesystems wurden folgende Verbesserungen erreicht:

- Eine Diagnose von Betriebszuständen eindeutiger vorzunehmen und damit die Anlagensicherheit zu verbessern
- Eine Steigerung der Anlagen- und Sondenverfügbarkeit zu erreichen
- Eine Überwachung des Wirkungsgrades (Wirtschaftlichkeit) vorzunehmen und
- Zustandsabhängige Wartungen und Sondenbehandlungen durchzuführen.

Die Instandhaltung der Speichersonden erfolgt auf Basis eines Soll/Ist-Vergleichs der theoretischen Bohrungskapazitäten mit den aktuellen Werten.

Für jede Speichersonde erfolgt eine Gegenüberstellung von theoretischer Sondenkapazität (Soll-Wert) und tatsächlicher Sondenkapazität (Ist-Wert). Die Gegenüberstellung erfolgt in tabellarischer Form. Abweichungen vom Soll-Wert werden in geeigneter Form hervorgehoben.

Die Sollwertberechnung erfolgt nach der C&n-Gleichung. Es wird mit im System hinterlegten Kopf-C&n-Werten des letzten Mehrrententests gerechnet. Als Einschließdruck wird ein für die Sonde zum Berechnungszeitpunkt repräsentativer statischer Kopfdruck aus der täglich aktualisierten Simulation verwendet. Als Fließdruck und Fließrate werden die aktuellen Tageswerte der Sonde aus der ACCESS-Datenbank verwendet. Sind keine aktuellen Werte verfügbar (Sonde nicht in Betrieb), so wird die Anzeige des letzten Betriebstages zugrundegelegt und geeignet gekennzeichnet.

Darüber hinaus wird bei nicht in Betrieb befindlichen Sonden der gemessene statische Kopfdruck mit dem simulierten statischen SONDENDRUCK zur Qualitätskontrolle verglichen. Bei Abweichungen wird eine entsprechende Meldung an das Leitsystem ausgegeben.

Werden beim Soll/Ist-Vergleich der Bohrungskapazitäten Abweichungen vom Sollzustand festgestellt, so erfolgen weitere Untersuchungen zum Feststellen der Ursache (Bohrlochmessungen, Druckaufbaumessun-

gen). In Abhängigkeit von den Untersuchungsergebnissen werden geeignete Maßnahmen zur Instandhaltung getroffen.

Die öffentlich-rechtliche sowie kaufmännisch-technische Überwachung und Steuerung der Instandhaltung erfolgt über das Programm SAP R3-PM. In diesem System ist die gesamte Speichereinrichtung inkl. der Speichersonden instandhaltungsorientiert abgebildet. Die Grundlage für die Strukturierung bildete das vorhandene Anlagenkennzeichnungssystem. Darüber hinaus gestattet das Programm Arbeitsabläufe für Instandhaltungsmaßnahmen zu hinterlegen, die Durchführungsanweisungsscharakter haben.

LITERATUR

- [1] Burkowsky, M., Krekler, G.: Erdgasspeicher Berlin. Gas – Erdgas gwf, 140 (1999) S. 782.
- [2] Schneider, A., Stark, M., Littmann, W.: Erdgasspeicher Berlin – Betriebsführung. DGMK-Tagungsbericht 2001-2, S. 415, DGMK Frühjahrstagung, Celle (2001).
- [3] Schmitz, J., Schneider, A.: Erdgasspeicher Berlin. GEO Berlin 98, Exkursionsführer, Terra Nostra, Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung 98/4.
- [5] Krekler, G., Burkowsky, M.: Erkundung der geologischen und lagerstättentechnischen Gegebenheiten des Erdgas-Aquiferspeichers Berlin. Gas – Erdgas gwf, 126 (1985) S. 151.
- [6] Restin, K.: Erdgas für Berlin. Gas – Erdgas gwf, 125 (1984) S. 914.

