

Voraussetzungen für einen optimalen Brunnenbetrieb

Die Grundlage eines optimalen Brunnenbetriebes beginnt schon während des Baus. Werden die Arbeiten nicht kompetent durchgeführt und begleitet, kann später nicht beurteilt werden, ob alle Maßnahmen ergriffen wurden, die eine bestmögliche Ergiebigkeit und lange Lebensdauer gewährleisten.

Die Praxis: Der AG fordert eine bestimmte Wassermenge, der Brunnenbauer bohrt den Brunnen, die gewünschte Wassermenge wird erreicht und alle sind zufrieden!

In der Mehrzahl der Brunnenbaumaßnahmen wird abschließend ein Pumpversuch durchgeführt, ohne jedoch die wichtigste Aussage über den neu gebauten Brunnen zu ermitteln, die **Ergiebigkeitskurve und den Betriebspunkt!**

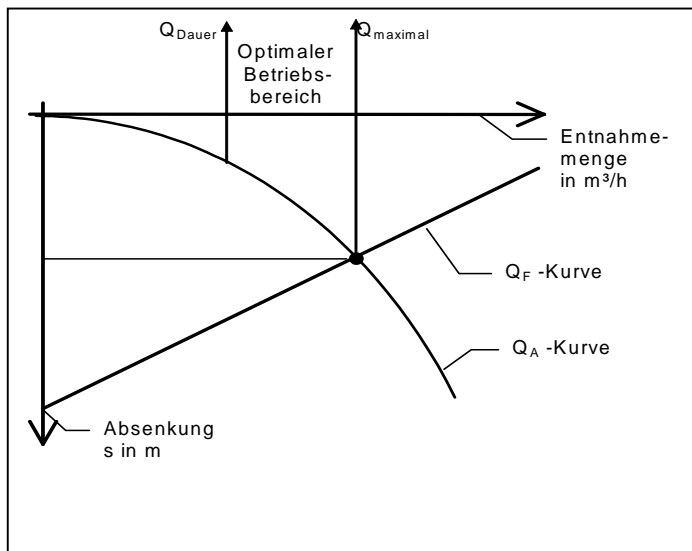


Abb. 1 Optimaler Betriebsbereich bei ungespanntem GW-Leiter

Die grafische Auswertung des Pumpversuches gibt zwar einen Hinweis auf die Leistungsfähigkeit des Brunnens. Da die Brunnen in der Regel überdimensioniert sind, ist die Leistungskurve zwar ein wichtiges, aber nicht alleiniges Qualitätskriterium für einen Brunnen.

Um nachzuvollziehen, ob die Brunnenbaumaßnahme von einem qualifizierten Brunnenbauer durchgeführt worden ist, muss man sich zunächst die Strömung am Brunnen genauer anschauen (Abb. 2).

Das Durchströmungsverhalten im Nahbereich wird von den Bohr- und Brunnenbauarbeiten am stärksten beeinflusst. Hier entstehen die Unterschiede zwischen einem schlecht gebauten Brunnen mit geringer Ergiebigkeit und einem gut gebauten Brunnen mit hoher Ergiebigkeit!

Wurden während der Bohrarbeiten die Poren des GW-Leiters und die Bohrlochwand stark verunreinigt und hat der Brunnenbauer anschließend keine geeigneten

Maßnahmen zur Brunnenentwicklung durchgeführt bzw. waren sie aufgrund ungeeigneter Bauausführung nicht erfolgreich, sind die Durchflusswiderstände in diesem kritischen Bereich nochmals erhöht. Das Gefälle des Absenktrichters wird noch steiler und der Wasserspiegel muss noch weiter abgesenkt werden. Der Brunnen hat eine geringe Ergiebigkeit (Abb. 8).

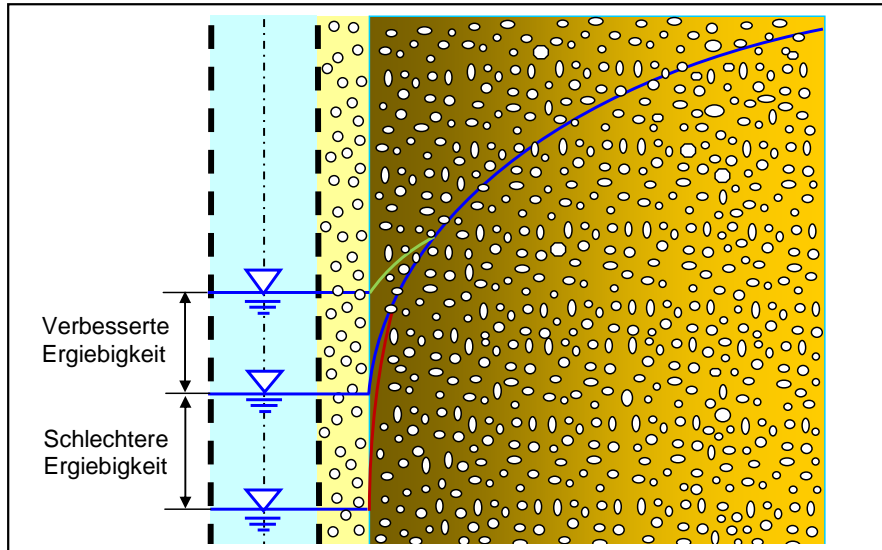


Abb. 2 Anströmung im Nahbereich des Brunnens

Der Nachweis einer guten Ergiebigkeit hängt also von den Unterschieden der Anströmung im Nahbereich des Brunnens ab. Dieser Unterschied kann aber nur durch eine aussagefähige Dokumentation der Brunnenbaumaßnahmen nachvollzogen werden.

Der qualifizierte Brunnenbauer wird also ...

Ein bestmöglich geeignetes Bohrverfahren mit ausreichender Bohrgerätetechnik einsetzen.

Die Bohrproben sorgfältig ohne den Verlust von Feinteilen entnehmen. (Schichtenverzeichnis mit Kopfblatt nach DIN 22475)

Die Bohrlochwand so gut wie möglich schützen

Aufgrund von aussagefähigen Bodenproben den Ausbau so gut wie möglich dem zur Verfügung stehenden GW-Leiter anpassen (Brunnenausbauentwurf)

Die Schüttgüter möglichst teufengerecht und setzungsfrei in ein weitestgehend sauberes Bohrloch einbringen (Schüttprotokolle).

Intensive und trotzdem schonende Entsandungsmaßnahmen am Brunnen durchführen (Entsandungsprotokoll).

Einen aussagefähigen Pumpversuch durchführen, dokumentieren, auswerten und den optimalen Betriebspunkt ermitteln. (PV-Protokoll und grafische Darstellung und Auswertung).

Hat der Brunnenbauer also alle o.g. Maßnahmen getroffen, wird er den Porenraum im Nahbereich vergrößert haben. Durch den größeren Porenraum kann das anströmende Grundwasser mit geringerem Gefälle langsamer zum Brunnen fließen. Die Ergiebigkeit des Brunnens wird verbessert und vor allem Die Alterung wird aufgrund des vergrößerten Porenraumes mit entsprechend mehr Speicherraum für Ablagerungen stark verzögert.

Qualitätskontrollen sind also keine Schikane für Brunnenbaubetriebe, vielmehr ermöglichen sie eine Identifikation fachkompetenter Firmen, vorausgesetzt, die planerische und Aufsicht führende Seite sind den an sie gestellten Aufgaben gewachsen. Hier beklagen viele qualifizierte Brunnenbaubetriebe zu Recht ein großes Defizit seitens der Auftraggeber. Allzu häufig werden vom Brunnenbauer undurchführbare bzw. unsinnige Maßnahmen verlangt, ein fachlicher Dialog ist häufig nicht möglich. Qualität und Qualifikation müssen schon bei der Planung und Bauleitung beginnen, sollen bei der Ausführung sinnvolle und notwendige Anforderungen verwirklicht werden und überprüfbar sein!

Eine komplette Bauakte ermöglicht dem sachverständigen Begutachter zu jeder Zeit, alle Wartungsarbeiten und brunnenerhaltenden Maßnahmen sinnvoll und erfolgreich durchzuführen.

Maßnahmen beim Bau

- Kompetente Planung durch AG
- Kompetente Ausschreibung durch Fachplaner
- Auswahl kompetenter Brunnenbaufirmen
- Kompetente Baubegleitung
- Archivierung der Maßnahmen in einer kompletten **Bauakte**

Ist der Brunnen fertig gestellt und hat der Brunnenbauer eine aussagefähige Bauakte abgeliefert, können die notwendigen Überprüfungen durchgeführt werden um sicherzustellen, dass die Arbeiten dem LV entsprechend durchgeführt wurden und der Kunde das gewünschte Bauwerk erhält.

Maßnahmen nach dem Bau

- Umfassende Bauabnahme
- Durchführung und Auswertung eines aussagefähigen PV
- Nachweis des Restsandgehaltes im Betriebspunkt
- Fordern und Anlegen einer kompletten Brunnenakte

Geophysikalische Messmethoden ermöglichen heute einen tiefen Einblick in den Zustand des zu übergebenden Brunnens. Sie gehören genauso selbstverständlich zur Brunnenabnahme, wie ein Pumpversuch und die Abnahme des Restsandgehaltes nach DVGW W 119.

Unter *Kapitel 3 Ausführung* macht die VOB Teil C DIN 18302 folgende Vorgabe:

3.1.8 Der Ausbau von Bohrungen ist nach DIN 4943 Zeichnerische Darstellung und Dokumentation von Brunnen und Grundwassermessstellen zu dokumentieren.

Es reicht also nicht ein Bohrprofil und eine Ausbauzeichnung, die *DIN 4943* macht klare Vorgaben zum Umfang der Dokumentation in Form diverser Formblätter:

<i>Anhang A (normativ) Kopfblatt „Allgemein“</i>	<i>21</i>
<i>Anhang B (normativ) Datenblätter</i>	<i>22</i>
<i>B.1 Datenblatt Bohrung</i>	<i>22</i>
<i>B.2 Datenblatt Ausbau</i>	<i>24</i>
<i>B.3 Datenblatt Schüttgüter und Abdichtungsmaterialien</i>	<i>25</i>
<i>B.4 Datenblatt Sanierung und Rückbau</i>	<i>26</i>
<i>Anhang C (informativ) Bohrprofil und Ausbauzeichnung.....</i>	<i>27</i>

Die Lieferung der Protokolle ist eine Nebenleistung und sie wird nicht gesondert abgerechnet: *4.1.1 Liefern der für Brunnenbauarbeiten und Ausbauarbeiten notwendigen Werkzeichnungen und Protokolle.*

Unklar ist, ob die Ausbauzeichnung ein Bestandsplan gemäß DIN 18302 ist und als Besondere Leistung abzurechnen ist: *4.2.12 Erstellen von Bestandsplänen.*

Hier wird deutlich, dass der Umfang der Dokumentation und deren Auswertung in der Leistungsbeschreibung ausführlich beschrieben werden sollte!

Maßnahmen zur Inbetriebnahme

- Festlegung eines optimalen Betriebspunktes
- Auswahl einer Förderpumpe mit bestmöglichem Betriebspunkt
- Probelauf mit Messung von Fördermenge und Förderdruck
- Festlegen und dokumentieren des Betriebspunktes
- Dokumentieren auf Tafel in Brunnenstube

Viele Brunnen werden nur technisch bemessen und haben in der Regel ein wesentlich größeres Fassungsvermögen, als die vom Auftraggeber gewünschte Wassermenge. In einigen Fällen kann der gebaute Brunnen aber aufgrund der angetroffenen Geologie die gewünschte Wassermenge nicht erreichen.

Hier gilt es, die Leistungscharakteristik des Brunnens anhand der Leistungskurve zu ermitteln und so eine Über- bzw. Unterbemessung festzustellen. So können dem Auftraggeber Hinweise zum Betrieb des Brunnens gegeben werden und vor allem bei einer Unterbemessung ein entsprechend reduzierter optimaler Betriebspunkt empfohlen werden.

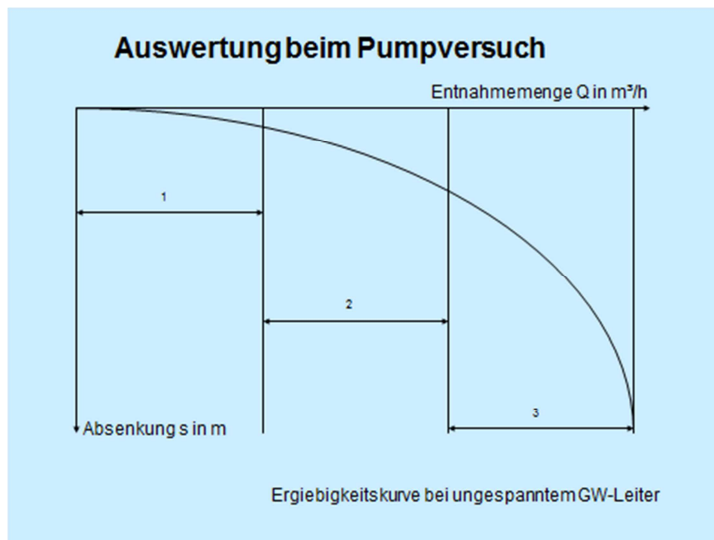


Abb. 3 Auswertung der Leistungskurve

Liegt der gewünschte Betriebspunkt im mittleren Teil der Leistungskurve (2), so wäre der Brunnen optimal bemessen. Liegt er im linken Bereich (1), so ist der Brunnen zwar überbemessen, hätte aber große Leistungsreserven und eine Brunnenalterung wäre verlangsamt. Liegt er im bereits stark abfallenden Bereich der Leistungskurve (3), so wäre die Entnahmemenge für einen dauerhaften Betrieb zu hoch. Der Brunnenbauer muss darauf hin wirken, dass der Brunnen mit einer geringeren Fördermenge betrieben wird.

Je schonender der Betrieb und geeigneter die Wasserqualität, umso geringer können die Kontrollen und Maßnahmen am Brunnen im späteren Betrieb sein!

Maßnahmen während des Betriebes

Dem Auftraggeber sollte am Ende ein „Betriebs- und Wartungsplan“ vorgelegt werden ähnlich dem eines Wartungsbuches für Bohrgeräte oder Autos. Alle benötigen eine gewisse Aufmerksamkeit beim Gebrauch und daher werden Wartungsintervalle und Wartungsumfang vorgegeben. Auch der Brunnenbetreiber muss begreifen, dass sein Bauwerk einer Kontrolle und Wartung bedarf, im schlimmsten Fall einer Regenerierung oder Sanierung!

Ein solcher Wartungsplan muss Bestandteil der Brunnenakte sein und sollte Folgendes enthalten:

- Fortlaufende Kontrolle des Brunnenbetriebes
- Dokumentieren und archivieren aller Veränderungen
- Dokumentieren und archivieren aller Bau- und Umbaumaßnahmen in einer Brunnenakte

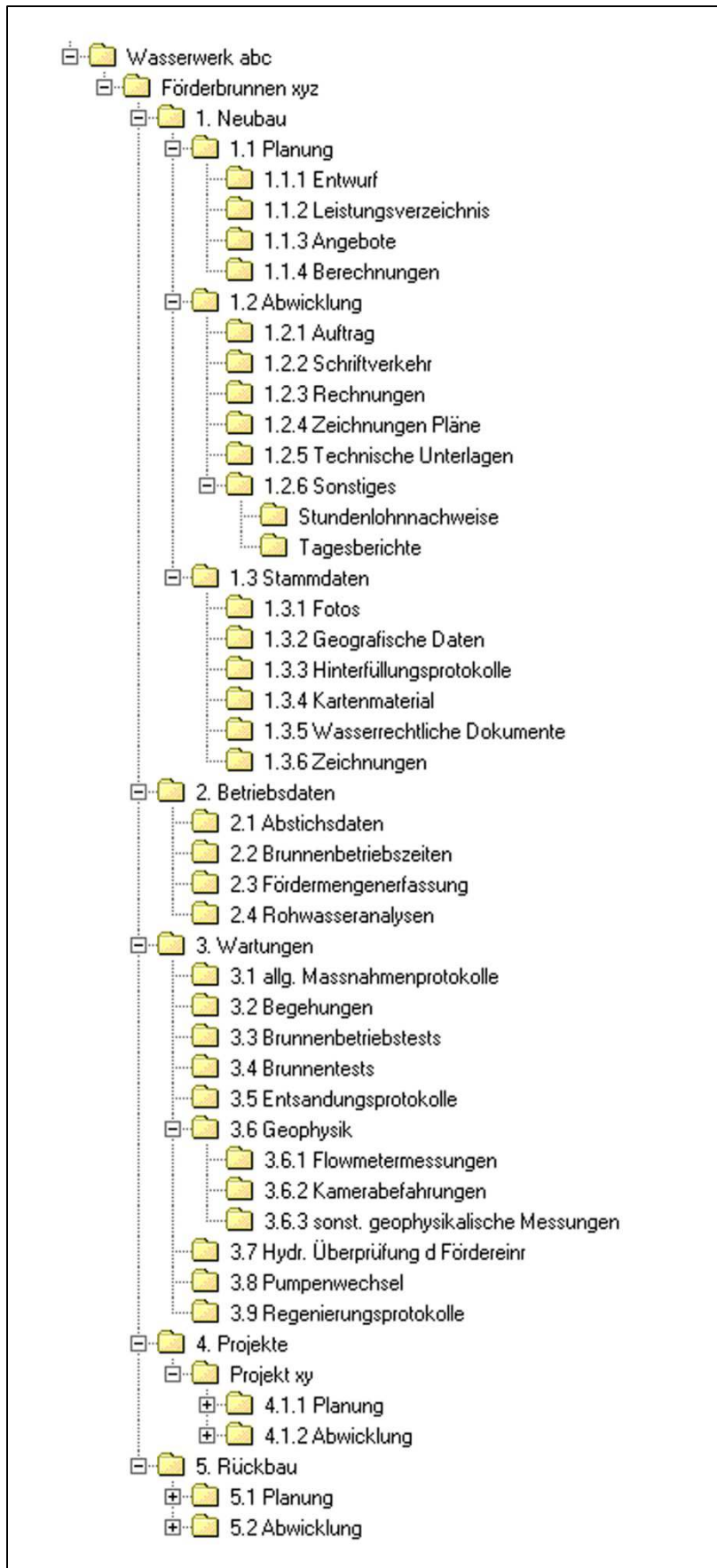


Abb. 4 Hierarchischer Aufbau einer Brunnenakte nach Sander bbr 3/2006

8 Bericht

Zu ergänzenden Arbeiten und differenzierteren Einbauten sowie zu rechtlichen Verhältnissen sind zusätzliche

Informationen in folgenden Anlagen zu dokumentieren:

Anlage 1: Lageplan/Lageskizze

Anlage 2: Abschlussbauwerk für Brunnen

Anlage 3: Abschlusskopf für Grundwassermessstelle

Anlage 4: Kornverteilungen

Anlage 5: Projektierungsunterlage

Anlage 6: Lagerungsort für Bohr- und Rückstellprobe

Anlage 7: Pumpengarnitur

mit Angaben zu: U-Pumpen (Durchmesser; Fördermenge bei Förderhöhe), Steigleitung,

Pumpenkabel und Steuerungs- bzw. Überwachungselementen. Die Angaben hierzu dürfen in

einer separaten Zeichnung als Anlage dargestellt werden.

Anlage 8: zusätzliche technische Spezifikationen zum Ausbau

Anlage 9: Pumpversuche

Anlage 10: Intensiventsandung

Anlage 11: Spülungsprotokoll

Anlage 12: Kamerabefahrung

Anlage 13: Geophysikalische Untersuchungen

a) im offenen Bohrloch (nicht reproduzierbar)

b) im ausgebauten Bohrloch (reproduzierbar)

Anlage 14: Regenerierungsmaßnahmen

a) Verfahren

b) Ergebnisse (z. B. Leistungsfähigkeit vor und nach der Regenerierungsmaß-

nahme)

Anlage 15: Genehmigungen/Anzeigen

Anlage 16: Protokolle zur laufenden Betriebsüberwachung und sonstige Monitoringmaßnahmen

z. B. Wasserstandsaufzeichnungen (im Brunnen; im Peilrohr innerhalb des Widerstandsfilters)

Anlage 17: Wasseruntersuchungen

Anlage 18: Eigentumsnachweis bzw. Verträge mit dem Eigentümer

Brunnenüberwachungsplan						
Brunnenstandort:		Brunnen-Nr.:			Sachbearbeiter	
Ruhe-Wasserspiegel RWSP bei Neubau _____m unter		Brunnenkopf oder	Messpunkt = _____ <i>bitte benennen!</i>			
Abgesenkter Wasserspiegel AWSP bei Neubau _____m		Absenkung s bei $Q_{\text{Betr.}}$ s = _____m			Betriebsentnahmemenge $Q_{\text{Betr.}}$ bei Neubau _____m ³ /h	
Ausbaudaten	Beginn der Filterstrecke: _____m		Ausbau-Ø _____mm		Spezifische Ergiebigkeit bei Neubau	
U-Pumpe	$Q_{\text{max}} =$ _____m ³ /h		$H_{\text{max}} =$ _____m		$Q = Q_{\text{Betr.}}/s$ _____m ³ /h•m	
Datum:	Q in m ³ /h	Ruhe- WSP unter Messpunkt (Abstich)	Abgesenk- ter WSP unter Messpunkt (Abstich)	Absenk- ung s zw. RWSP und AWSP	spez. Ergiebig- keit Q/s (m ³ /h•m) *	Bemerkungen, Wasserqualität z.B. Sandgehalt, Trübung evtl. Messnehmer
Datum:				Unterschrift:		MT

Die Messungen sollten ½-jährlich durchgeführt werden, bei stark zur Alterung neigenden Brunnen oder erkennbarem Leistungsrückgang häufiger.

* Die spezifische Ergiebigkeit sollte vom Sachbearbeiter errechnet werden. Wird eine nicht betriebsbedingte (andere Brunnen sind zu- oder abgeschaltet) Abnahme der Ergiebigkeit von mehr als 10% festgestellt, sollten Regeneriermaßnahmen eingeleitet werden! Bei s ist Maß der Absenkung unter dem aktuellen Ruhe-WSP einzusetzen!

Ermittlung der spezifischen Ergiebigkeit

Die spezifische Ergiebigkeit Q_{spez} eines Brunnens gibt die Entnahmemenge Q bezogen auf 1 m Absenkung an:

$$Q_{\text{spez}} = \frac{Q}{s} \quad [\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}]$$

Da die Leistungskurve bei **gespannten GW – Leitern** eine Gerade ist kann zur Ermittlung der spezifischen Ergiebigkeit jeder beliebige Betriebspunkt herangezogen werden. Der Quotient aus Q und s bleibt immer gleich.

$$\text{Kurve 1: } Q_{\text{spez}} = \frac{20\text{m}^3/\text{h}}{2\text{m}} = 10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m} \quad \text{oder} \quad Q_{\text{spez}} = \frac{40\text{m}^3/\text{h}}{4\text{m}} = 10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m} \quad \text{usw.}$$

$$\text{Kurve 2: } Q_{\text{spez}} = \frac{30\text{m}^3/\text{h}}{6\text{m}} = 5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m} \quad \text{oder} \quad Q_{\text{spez}} = \frac{50\text{m}^3/\text{h}}{10\text{m}} = 5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m} \quad \text{usw.}$$

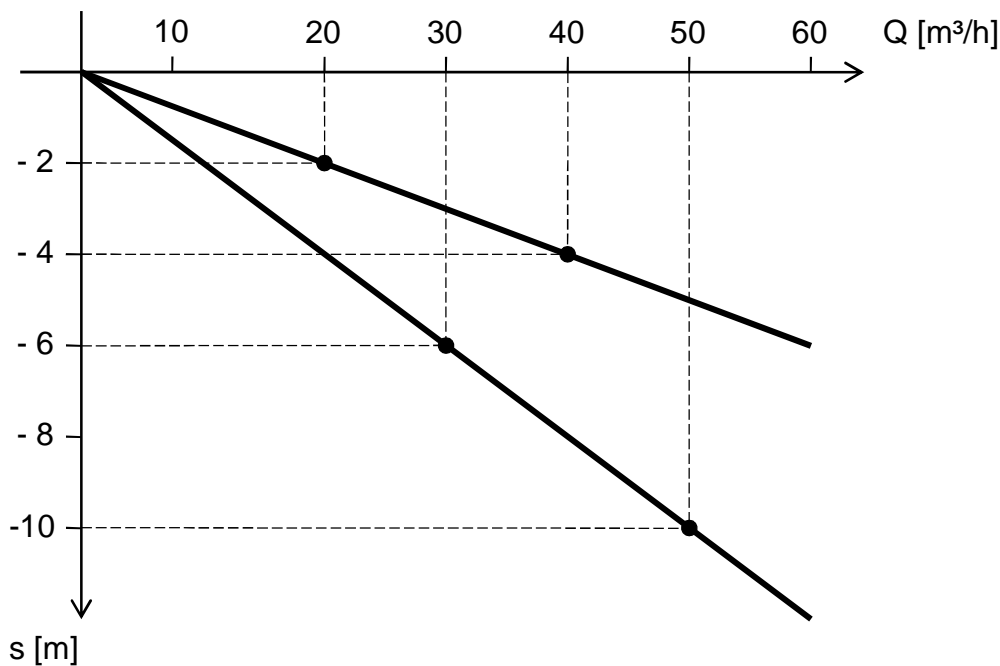


Abb. 6 Leistungskurve (gespannter GW-Leiter)

Daher ist auch der Leistungsrückgang in jedem Betriebspunkt gleich hoch:

$$\begin{array}{l} 10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m} = 100\% \\ 5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m} = 50\% \end{array} \quad \rightarrow \quad \underline{\text{Leistungsrückgang} = 50\%}$$

Bei dem gekrümmten Verlauf der Leistungskurve eines **Brunnens im ungespannten Wasserleiter** verändert sich die spezifische Ergiebigkeit in jedem Betriebspunkt (Abb.).

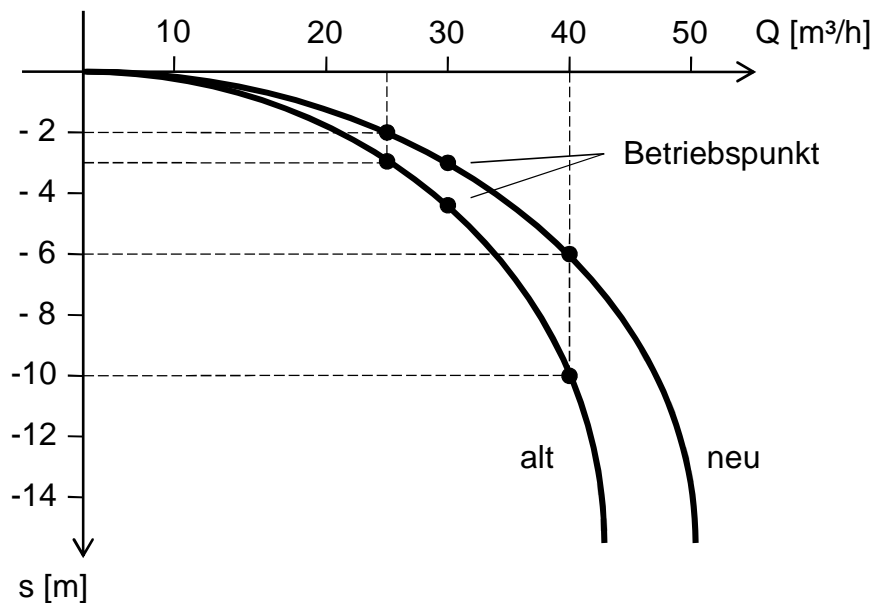


Abb. 7 Leistungskurve (ungespannter GW-Leiter)

Kurve neu:

$$Q_{\text{spez}} = \frac{25 \text{ m}^3 / \text{h}}{2 \text{ m}} = 12,5 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$$

$$Q_{\text{spez}} = \frac{40 \text{ m}^3 / \text{h}}{6 \text{ m}} = 6,6 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$$

Kurve alt:

$$Q_{\text{spez}} = \frac{25 \text{ m}^3 / \text{h}}{3 \text{ m}} = 8,3 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$$

$$Q_{\text{spez}} = \frac{40 \text{ m}^3 / \text{h}}{10 \text{ m}} = 4,0 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$$

Bei einem ungespannten GW-Leiter kann die spezifische Ergiebigkeit also immer nur für einen Punkt ermittelt werden, am besten für den Betriebspunkt.

Also kann auch der prozentuale Leistungsrückgang nur für einen Punkt ermittelt werden, z.B. für den Betriebspunkt 30 m³/h:

neu: $Q_{\text{spez}} = \frac{30 \text{ m}^3 / \text{h}}{3 \text{ m}} = 10,0 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$

alt: $Q_{\text{spez}} = \frac{30 \text{ m}^3 / \text{h}}{4,5 \text{ m}} = 6,7 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$

$$10 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m} = 100\%$$

$$6,7 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m} = x \%$$

$$\rightarrow x = \frac{6,7 \cdot 100}{10} = 67 \% \text{ verbleibende Leistung}$$

$$\rightarrow \underline{\underline{\text{Leistungsrückgang} = 33 \%}}$$