

REPORT

Contract : Number

Cicerostr. 24
D-10709 Berlin
Germany
Tel +49 (0)30 536 53 800
Fax +49 (0)30 536 53 888
www.kompetenz-wasser.de

ERGEBNISSE DER BUNDESWEITEN DVGW-UMFRAGE ZUR INSTANDHALTUNG VON BRUNNEN 2009

Project: WELLMA-1

von
Dagmar Orlikowski, Laurence Dauchy, Hella Schwarzmüller

Department "Sustainable Use and Conservation of Groundwater Resources"
KompetenzZentrum Wasser Berlin, Cicerostraße 24, 10709 Berlin, Germany
Email: dagmar.orlikowski@kompetenz-wasser.de, Tel. ++49 (0)30-536-53823

für das
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH

Preparation of this report was financed in part through funds provided by



Berlin, Germany

2010

Important Legal Notice

Disclaimer: The information in this publication was considered technically sound by the consensus of persons engaged in the development and approval of the document at the time it was developed. KWB disclaims liability to the full extent for any personal injury, property, or other damages of any nature whatsoever, whether special, indirect, consequential, or compensatory, directly or indirectly resulting from the publication, use of application, or reliance on this document. KWB disclaims and makes no guaranty or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of any information published herein. It is expressly pointed out that the information and results given in this publication may be out of date due to subsequent modifications. In addition, KWB disclaims and makes no warranty that the information in this document will fulfil any of your particular purposes or needs. The disclaimer on hand seeks neither to restrict nor to exclude KWB's liability against all relevant national statutory provisions.

Wichtiger rechtlicher Hinweis

Haftungsausschluss: Die in dieser Publikation bereitgestellte Information wurde zum Zeitpunkt der Erstellung im Konsens mit den bei Entwicklung und Anfertigung des Dokumentes beteiligten Personen als technisch einwandfrei befunden. KWB schließt vollumfänglich die Haftung für jegliche Personen-, Sach- oder sonstige Schäden aus, ungeachtet ob diese speziell, indirekt, nachfolgend oder kompensatorisch, mittelbar oder unmittelbar sind oder direkt oder indirekt von dieser Publikation, einer Anwendung oder dem Vertrauen in dieses Dokument herrühren. KWB übernimmt keine Garantie und macht keine Zusicherungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art bezüglich der Richtigkeit oder Vollständigkeit jeglicher Information hierin. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in der Publikation gegebenen Informationen und Ergebnisse aufgrund nachfolgender Änderungen nicht mehr aktuell sein können. Weiterhin lehnt KWB die Haftung ab und übernimmt keine Garantie, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen der Erfüllung Ihrer besonderen Zwecke oder Ansprüche dienlich sind. Mit der vorliegenden Haftungsausschlussklausel wird weder bezweckt, die Haftung der KWB entgegen den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften einzuschränken noch sie in Fällen auszuschließen, in denen ein Ausschluss nach diesen Rechtsvorschriften nicht möglich ist.

Danksagung

Größter Dank gilt den 399 Wasserversorgungsunternehmen die an der Befragung teilnahmen für ihre Bereitschaft, unsere Fragen zu beantworten und das damit gezeigte Interesse, die Lücke zwischen täglicher Betriebspraxis und anwenderorientierter Forschung zu verkleinern.

Dem DVGW, insbesondere Herrn Berthold Niehues und Frau Anja Kischkel danken wir für die umfangreiche organisatorische Unterstützung, insbesondere die inhaltliche Überarbeitung des Fragebogens und die Übernahme des Versands.

Inhalt

Kapitel 1 Zielstellung und Methodik der DVGW-Umfrage	1
1.1 Zielstellung und Inhalt.....	1
1.2 Datenerfassung- und -auswertung	2
Kapitel 2 Ergebnisse der DVGW-Umfrage.....	3
2.1 Stammdaten der Brunnen	3
2.2 Brunnenbetriebs- und Brunnenzustandsdaten	5
2.3 Daten zur Brunnenregenerierung	11
2.4 Daten zu Betriebsgruppen und –strategien	13
Kapitel 3 Diskussion der Ergebnisse.....	17
3.1 Brunnenalter im Verhältnis zur Brunnenanzahl	17
3.2 Brunnenalterung im Verhältnis zum Brunnenalter.....	18
3.3 Brunnenalterung in Abhängigkeit von der Entnahmesteuerung	20
3.4 Brunnenalterung und Zustandserfassung	21
3.5 Regenerierkriterien im Vergleich zur Regeneriernotwendigkeit	25
3.6 Maßnahmen gegen die Brunnenalterung relativ zur Brunnenanzahl	29
Kapitel 4 Fazit	31
4.1 Zusammenfassung der Umfrageergebnisse	31
4.2 Umsetzung des DVGW-Arbeitsblatts W125 in der Praxis	34
4.3 Schlussfolgerungen	35
Literaturverzeichnis	37
Anhang A Der Fragebogen	39

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Klassifizierte Anzahl der Brunnen der befragten Betreiber	3
Abb. 2:	Detaillierte Anzahl der Brunnen aller befragten Betreiber	4
Abb. 3:	Klassifiziertes Durchschnittsalter der Brunnen der befragten Betreiber ..	4
Abb. 4:	Kriterien zur Planung von Brunnenerneuerungen	5
Abb. 5:	Steuerung der Entnahmemenge	5
Abb. 6:	Verteilung der erfassten Brunnenbetriebsparameter	6
Abb. 7:	Erfasste Parameter und Intervalle der Brunnenbetriebsdaten	7
Abb. 8:	Verteilung der Techniken zur Brunnenzustandserfassung	8
Abb. 9:	Techniken und Intervalle der Brunnenzustandserfassung	9
Abb. 10:	Auftreten von Brunnenalterung ja/nein	9
Abb. 11:	Art der beobachteten Alterungserscheinungen	10
Abb. 12:	Notwendigkeit von Regenerierungen	11
Abb. 13:	Regenerierintervall bei Betreibern mit regelmäßigen Regenerierungen	11
Abb. 14:	Verteilung der Regenerierkriterien	12
Abb. 15:	Verteilung der Kriterien zur Bemessung des Regeneriererfolges	13
Abb. 16:	Vorhandensein einer Betriebsstrategie ja/nein	14
Abb. 17:	Vorliegen einer Betriebsstrategie ja/nein unter Zuordnung von Betriebsgruppen	14
Abb. 18:	Betriebsstrategie zur Beeinflussung der Brunnenalterung	15
Abb. 19:	Strategische Maßnahmen gegen Leistungsverlust/ Brunnenalterung ..	15
Abb. 20:	Zusammenhang zwischen mittlerem Brunnenalter und Brunnenanzahl pro Betreiber	17
Abb. 21:	Mittleres Brunnenalter der befragten Betreiber ohne Brunnenalterungserscheinungen	18
Abb. 22:	Alterungserscheinungen ja /nein in Abhängigkeit vom Brunnenalter	19
Abb. 23:	Alterungserscheinungen relativ zum mittleren Brunnenalter	20
Abb. 24:	Steuerung der Entnahmemenge in Brunnen mit (ja) und ohne (nein) Alterungserscheinungen	20
Abb. 25:	Steuerung der Entnahmemenge nach Anzahl der Brunnen pro Betreiber	21
Abb. 26:	Die häufigsten Alterungserscheinungen und Methoden der Brunnenzustandserfassung	22
Abb. 27:	Brunnenalterung ja/ nein bei Betreibern ohne Brunnenzustandsüberwachung	22
Abb. 28:	Art der erfassten Brunnenbetriebsparameter bei 47 Betreibern ohne Zustandsüberwachung	23
Abb. 29:	Anzahl der Nennung von Art der Betriebsüberwachung relativ zur Brunnenanzahl	24

Abb. 30:	Anzahl der Betreiber und Art der Zustandsüberwachung relativ zur Brunnenanzahl	24
Abb. 31:	Regenerierkriterien in Relation zur Regeneriernotwendigkeit	25
Abb. 32:	Brunnenalterung ja/nein bei Regenerierung "nicht nötig"	26
Abb. 33:	Brunnenanzahl bei Betreibern mit Brunnenalterung aber ohne Regeneriernotwendigkeit.....	26
Abb. 34:	Mittleres Brunnenalter bei Betreibern mit Brunnenalterung und ohne Regenerierungen.....	27
Abb. 35:	Anzahl der Betreiber mit Regenerierungen nach Brunnenalter	27
Abb. 36:	Mittleres Brunnenalter der 47 Betreiber mit regelmäßigen Regenerierintervallen	28
Abb. 37:	Anzahl der Brunnen bei 47 Betreibern mit regelmäßigen Regenerierintervallen	29
Abb. 38:	Anzahl der Betreiber mit Maßnahmen gegen Leistungsverlust relativ zur Brunnenanzahl	29
Abb. 39:	Planung der Brunnenerneuerung in Abhängigkeit zur Anzahl der Brunnen pro Betreiber	30

Kapitel 1

Zielstellung und Methodik der DVGW-Umfrage

1.1 Zielstellung und Inhalt

Die Umfrage des DVGW wurde Anfang 2009 in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH (KWB) durchgeführt. Der Fragebogen mit insgesamt 16 Fragen (-> Anhang A) zielt darauf ab, einen bundesweiten Überblick zum Brunnenbetrieb und unterschiedlichen Instandhaltungsmaßnahmen derjenigen Wasserversorger zu erhalten, die eigene Brunnen betreiben.

Die vorliegende Auswertung wurde am Kompetenzzentrum Wasser Berlin durchgeführt. Nicht enthalten sind die vier ersten Fragen mit den allgemeinen Angaben des beantwortenden Unternehmens und einer Frage zum Thema Energieeffizienz (Seite 1 des Umfragebogens). Diese wurden durch den DVGW selbst ausgewertet (vgl. Plath and Wichmann 2009).

Der brunnenbezogene Teil (Seiten 2 und 3) enthielt die vier Themenkomplexe:

(1) Stammdaten (Fragen 5 bis 7)

Es wurden die absolute Anzahl der in Betrieb befindlichen Brunnen und ihr durchschnittliches Alter erfragt. Diese Fragen dienen der Klassifizierung und Auswertung.

Den Brunnenneubau betreffend, wurde eine Angabe zur Budgetplanung erbeten, um die folgenden Fragen zu Brunnenzustand, Alterung und Regenerierung in Bezug zum Neubau setzen zu können.

(2) Brunnenbetrieb, Brunnenzustand und Alterung (Fragen 8 bis 11)

Zum Brunnenbetrieb wurden die Art der Brunnensteuerung und die während des Betriebes erfassten Daten und Intervalle zur Betriebsüberwachung abgefragt, ebenso die Methoden und Intervalle zur Brunnenzustandsermittlung.

(3) Brunnenregenerierung (Fragen 12 bis 14)

Die Fragen zur Notwendigkeit, Veranlassung und Erfolgsbemessung von Regenerierungen dienen der Charakterisierung der Instandhaltungsstrategie.

(4) Betriebsstrategie (Fragen 15 und 16)

Abschließend wurde nach der Betriebsstrategie und einer möglichen Einflussnahme auf die Brunnenalterung durch Änderungen im Betrieb gefragt.

Ziel der Auswertung ist es, den Stand der Praxis der Betriebsführung von Brunnen zu erarbeiten. Durch die gekoppelte Auswertung aller vier Themenkomplexe kann weiterhin geprüft werden, inwiefern die festgestellten Betriebs- und Instandhaltungsstrategien von der Größe des Betreibers oder der Altersstruktur der Brunnen abhängen.

Durch den Vergleich der erarbeiteten Ergebnisse mit den in DVGW-Arbeitsblatt W125 (DVGW 2004) festgehaltenen Empfehlungen kann Raum für Verbesserungen, wie z.B. Forschungs- oder Weiterbildungsbedarf identifiziert werden. Gleichzeitig bietet die bundesweite Ermittlung Gelegenheit zur Einordnung des eigenen Standes der Praxis für die einzelnen Betreiber.

1.2 Datenerfassung- und -auswertung

Der Fragebogen wurde an 1517 Mitgliedsunternehmen des DVGW im Bereich Wasserversorgung verschickt und erreichte einen Rücklauf von 399 Fragebögen, was 26% aller Befragten entspricht.

Die Fragebögen wurden anonym ausgewertet und enthalten keine Angabe des Betreibers oder Wasserwerkes. Zur Identifizierung wurde jedem Fragebogen eine eindeutige ID zugeordnet, die das Wiederfinden und Einzelfallbetrachtungen zur Brunneninstandhaltung ermöglicht.

Zur Auswertung wurden die Umfrageergebnisse im ersten Schritt digitalisiert. Dazu wurde eine Datenbank in MS Access entwickelt, die eine einfache Eingabe und Auswertung der abgefragten Daten ermöglicht.

Die Datenauswertung wurde ebenfalls in MS Access mit der Pivot-Chart-Funktion vorgenommen. Damit liegen Daten und Auswertungsergebnisse miteinander gekoppelt vor.

Die Ergebnisse sind jeweils auf die Anzahl der befragten Betreiber bezogen, die geantwortet haben (Gesamt: 399). Zu beachten ist dabei, dass häufig Mehrfachantworten möglich sind und auf einen Betreiber mehrere Wasserwerke entfallen können.

In Kapitel 2 werden die konkret abgefragten Parameter zunächst deskriptiv ausgewertet. Diese Einzelergebnisse werden in Kapitel 3 miteinander kombiniert und im Detail analysiert. Alle Ergebnisse werden in Kapitel 4 abschließend diskutiert. Der originale Fragebogen ist in Anhang A beigefügt.

Kapitel 2 Ergebnisse der DVGW-Umfrage

Die Ergebnisse der DVGW-Umfrage werden im Folgenden anhand der vier Fragenkomplexe Stammdaten, Brunnenzustand, Brunnenregenerierung und Betriebsstrategien deskriptiv ausgewertet. Alle Ergebnisse werden anhand von Grafiken und Erläuterungen dargestellt. Wenn nicht anders angegeben, ist jeweils die Anzahl der Betreiber angegeben, die diese Nennung abgegeben haben.

2.1 Stammdaten der Brunnen

Frage 5: Anzahl der in Betrieb befindlichen Brunnen?

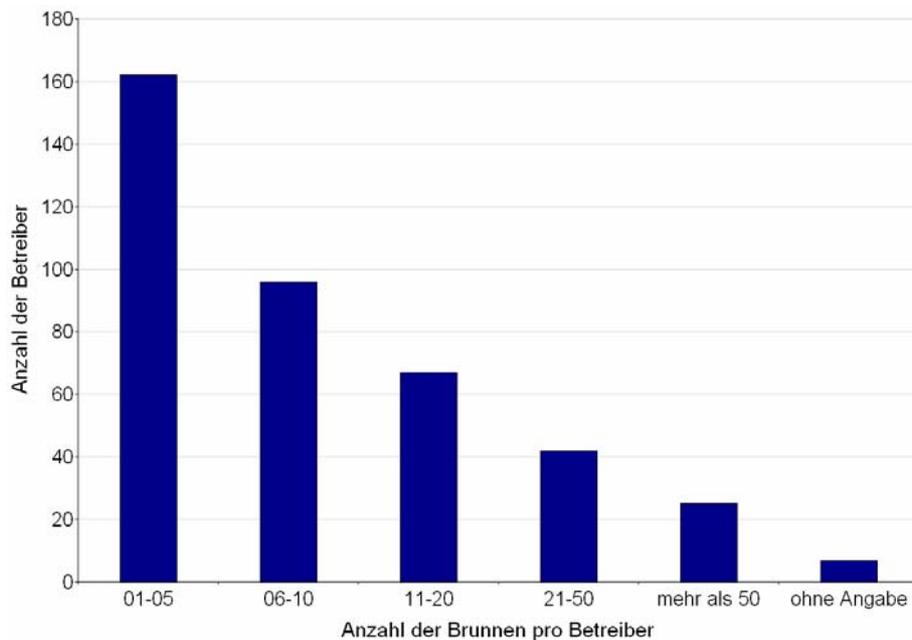


Abb. 1: Klassifizierte Anzahl der Brunnen der befragten Betreiber

Das Ergebnis der Frage nach der Gesamtzahl der in Betrieb befindlichen Brunnen ist in Abb. 1 zunächst in Gruppen klassifiziert. Während 162 der 399 befragten Wasserversorger nur bis zu 5 Brunnen betreiben, haben 96 Wasserversorger 6-10 Brunnen in Betrieb. Nur 25 der 399 befragten Betreiber geben mehr als 50 Brunnen an. Die Ergebnisse der Umfrage repräsentieren folglich vor allem Betreiber mit wenigen Brunnen.

Eine detaillierter Blick auf die Anzahl der Brunnen der einzelnen Betreiber in Abb. 2 zeigt, dass 44 Betreiber nur 2 Brunnen in Betrieb haben. Nur einzelne Betreiber haben mehr als 30 Brunnen in Betrieb. Insgesamt nur 11 Betreiber haben mehr als 100 Brunnen. Der größte Betreiber hat eine Zahl von 486 Brunnen angegeben.

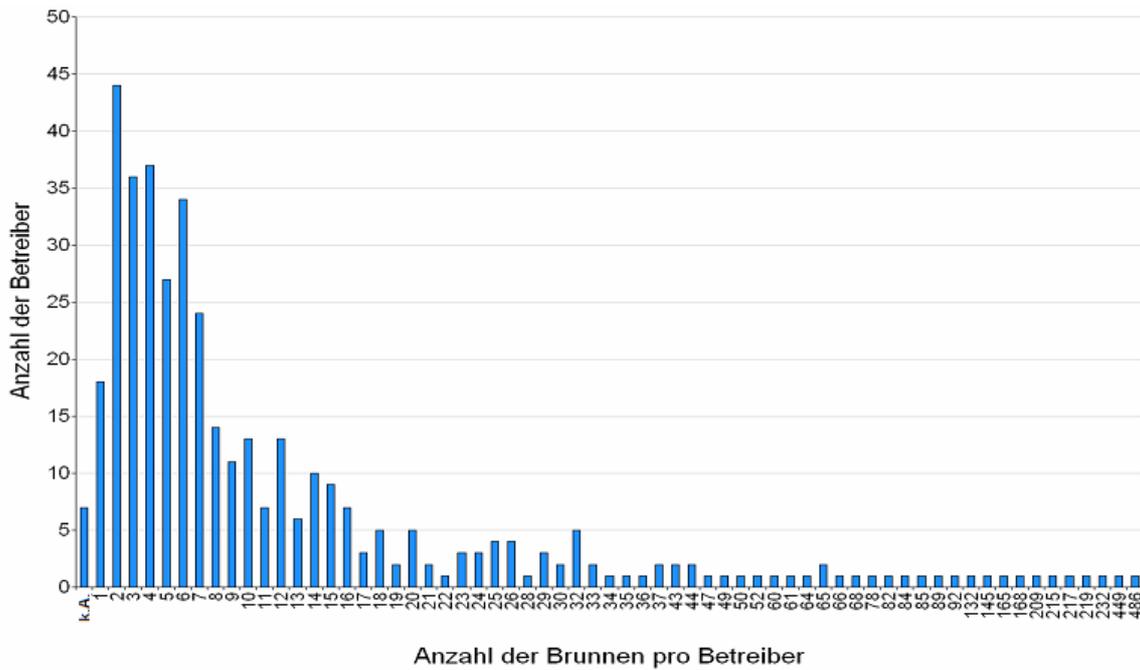


Abb. 2: Detaillierte Anzahl der Brunnen aller befragten Betreiber

Frage 6: Durchschnittsalter dieser Brunnen?

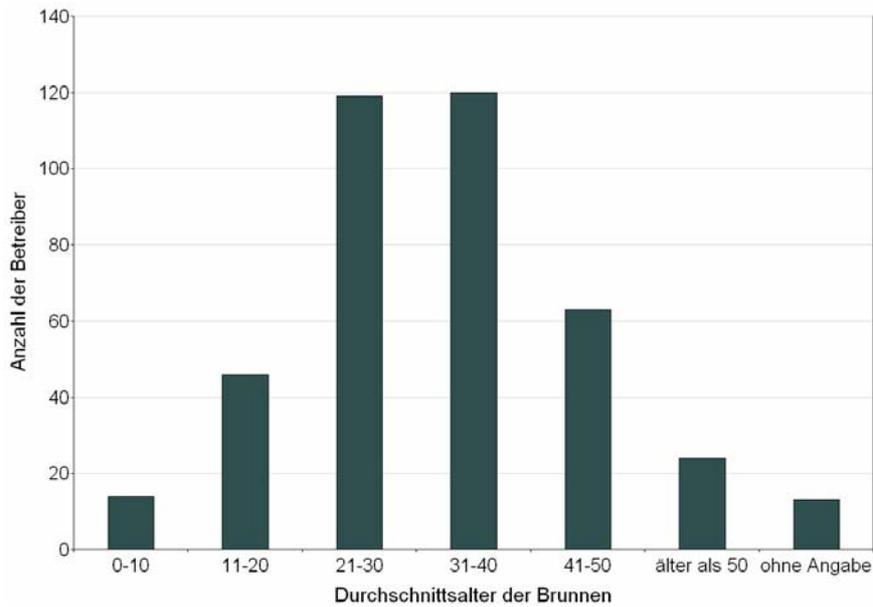


Abb. 3: Klassifiziertes Durchschnittsalter der Brunnen der befragten Betreiber

Die Frage nach dem Durchschnittsalter der Brunnen (Abb. 3) zeigt, dass 60% der in Betrieb befindlichen Brunnen 21 bis 40 Jahre alt sind, bei einem Mittelwert von 34 Jahren. Dies deckt sich mit dem in der Literatur vielfach angegebenen Durchschnittsalter von 30 bis 40 Jahren. Knapp 16% der Betreiber geben an, dass ihre Brunnen durchschnittlich 41-50 Jahre alt sind.

Frage 7: Wie wird die Brunnenerneuerung geplant?

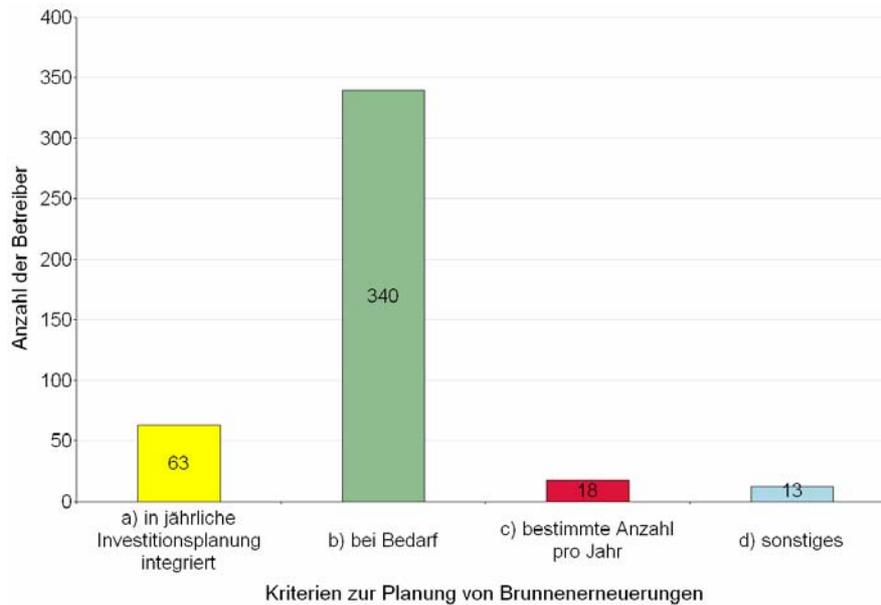


Abb. 4: Kriterien zur Planung von Brunnenerneuerungen

Zum Brunnenbetrieb wurde gefragt, welche Kriterien zur Planung der Brunnenerneuerung herangezogen werden. Mehrfachnennungen waren dabei möglich. Abb. 4 zeigt, dass die Brunnenerneuerung nur von 63 Betreibern, also in 16% der Fälle, in die jährliche Investitionsplanung integriert ist. Dahingegen geben 84% der Befragten „bei Bedarf“ als ein Kriterium für die Planung der Brunnenerneuerung an. Eine bestimmte Anzahl Neubauten pro Jahr wird nur bei knapp 5% der befragten Wasserversorger eingeplant. Das Ergebnis fällt somit eindeutig bedarfsorientiert aus.

2.2 Brunnenbetriebs- und Brunnenzustandsdaten

Frage 8: Wie wird die Entnahmemenge gesteuert?

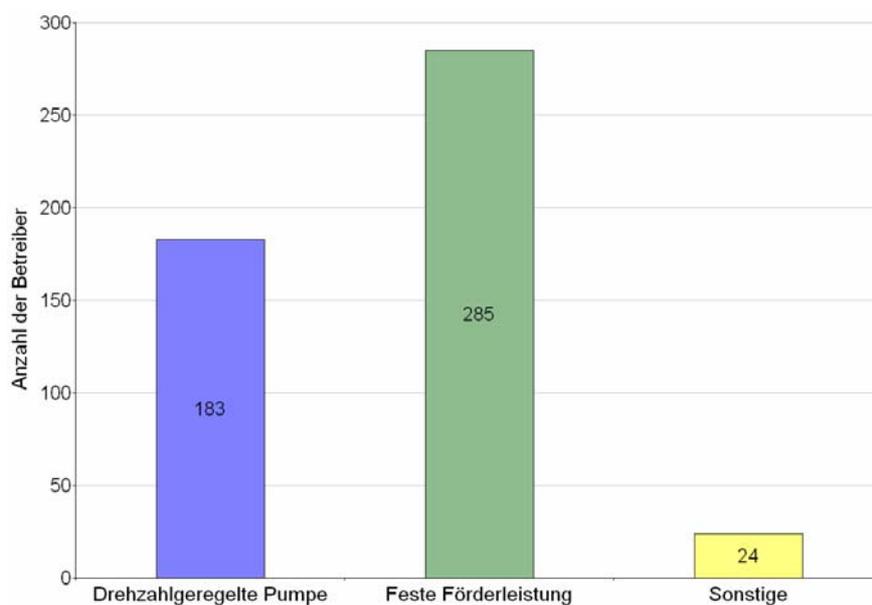


Abb. 5: Steuerung der Entnahmemenge

Auch bei der Frage zur Entnahmesteuerung waren Mehrfachnennungen möglich. Aus Abb. 5 geht hervor, dass die meisten Betreiber Pumpen mit fester Förderleistung installiert haben (285), während deutlich weniger Betreiber drehzahlgeregelte Pumpen einsetzen (183) und ein kleiner Anteil „sonstige“ Systeme angegeben hat (24). Vier der insgesamt 399 Betreiber haben keine Angaben gemacht. Von den 395 verbleibenden Betreibern haben 196 ausschließlich Brunnen mit fester Förderleistung angegeben, 92 ausschließlich Brunnen mit drehzahlgeregelten Pumpen angegeben und 14 haben ausschließlich Brunnen mit sonstigen Pumpen. 93 Betreiber haben Mehrfachnennungen angegeben und verteilen sich so über alle drei Klassen. Eine prozentuale Betrachtung zwischen den möglichen Arten zur Entnahmesteuerung auf Betreiberebene ergibt, dass 71% der befragten Betreiber angeben Pumpen mit fester Förderleistung installiert zu haben und nur 46% drehzahlgeregelte Pumpen nutzen. Nur knapp 6% geben „Sonstige“ Pumpen an, deren Art nicht abgefragt wurde. Denkbar sind z.B. Heberbrunnen.

Frage 9: Welche Daten werden während des Brunnenbetriebs erfasst? In welchem Intervall?

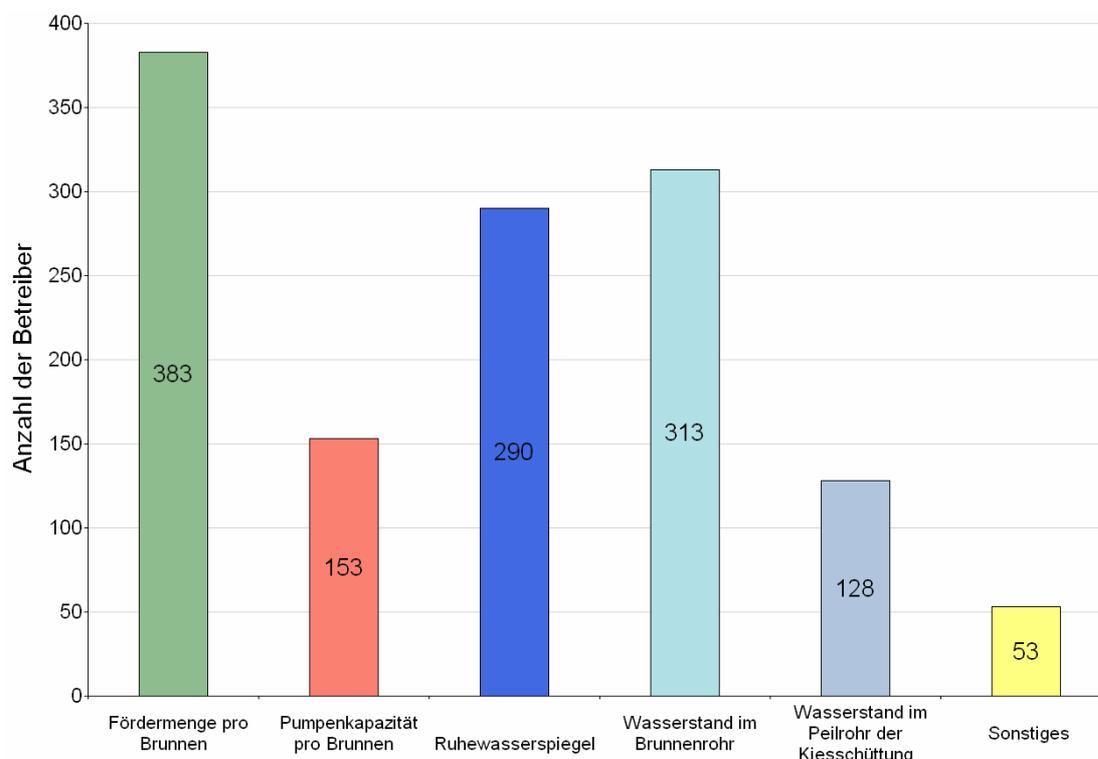


Abb. 6: Verteilung der erfassten Brunnenbetriebsparameter

Bezüglich der Brunnenbetriebsdaten werden die erfassten Parameter und deren Messintervalle erfragt. Diese beinhalten Mehrfachnennungen. In Abb. 6 zeigt sich erwartungsgemäß, dass die meisten Betreiber vor allem die Fördermengen (383), den Wasserstand im Brunnenrohr (313), und den Ruhewasserspiegel (290) in Ihren Betriebsdaten erfassen. Insgesamt 254 dieser Betreiber nutzen mindestens diese drei Parameter Betriebsparameter zusammen.

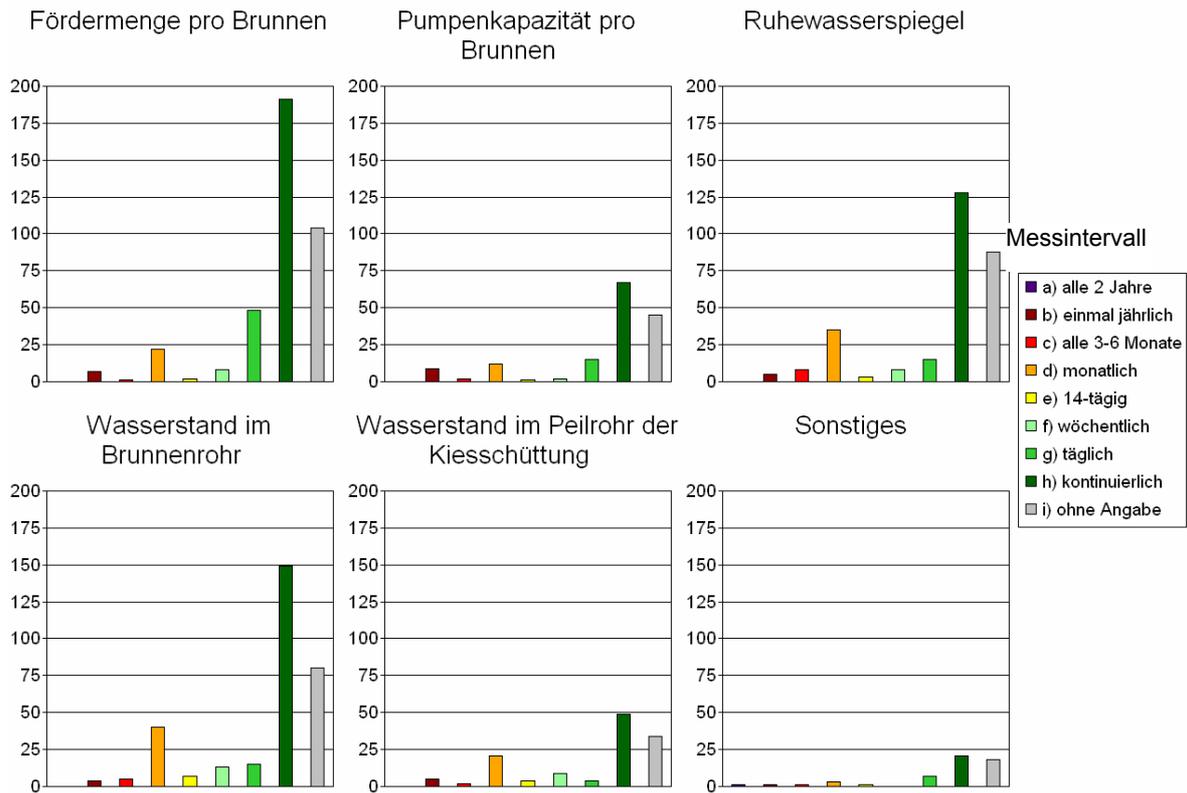


Abb. 7: Erfasste Parameter und Intervalle der Brunnenbetriebsdaten.

Abb. 7 zeigt, dass die meisten Betreiber diese Werte sehr regelmäßig messen. Die Messintervalle „kontinuierlich“, „monatlich“ oder „wöchentlich“ werden bei allen Parametern am häufigsten angegeben. Das lässt eine gute Datenlage bei den befragten Wasserversorgern erwarten, insbesondere bezüglich der Ergiebigkeitsbewertung mittels der spezifischen Ergiebigkeit Q_s , die sich aus den drei Messgrößen Fördermenge, Ruhewasserspiegel und Wasserstand im Brunnenrohr errechnet.

Frage 10: Mit welchen Techniken und in welchen Intervallen wird der Brunnenzustand bzw. die Brunnenalterung erfasst?

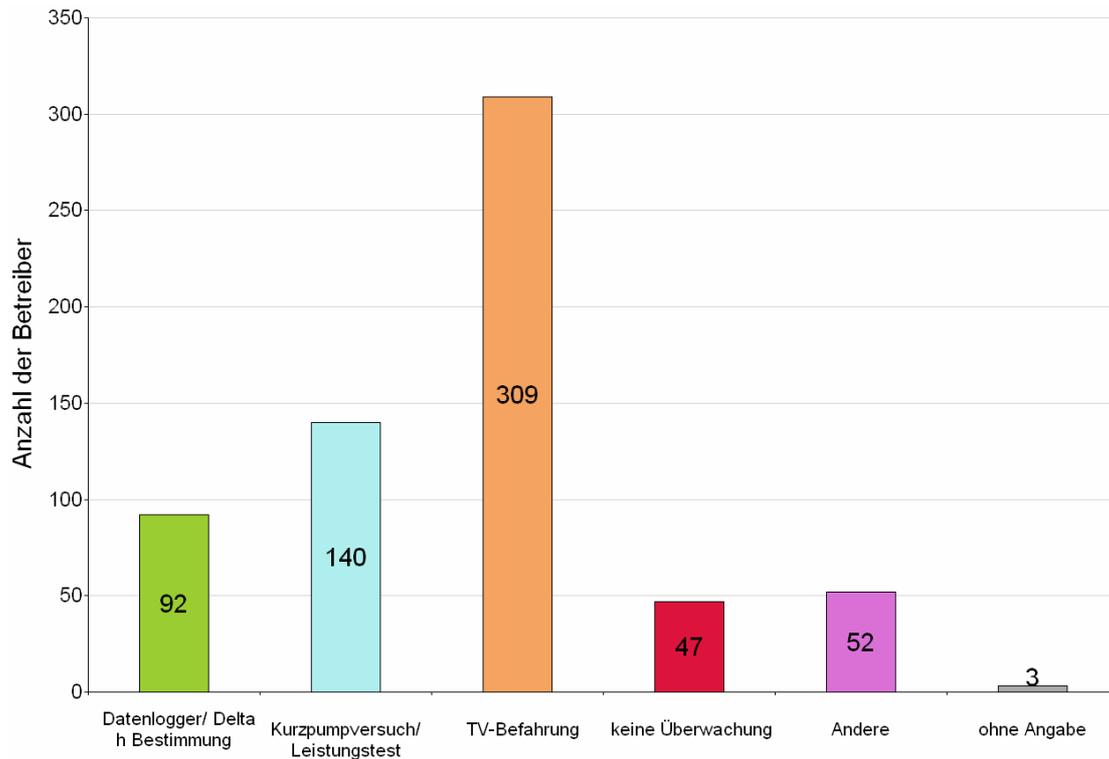


Abb. 8: Verteilung der Techniken zur Brunnenzustandserfassung

Bezüglich der Erfassung des Brunnenzustandes, bzw. der Brunnenalterung geben 309 der Betreiber an, TV-Befahrungen durchzuführen (Abb. 8). Auch Kurzpumpversuche mit 140 Nennungen und Δh -Bestimmung mit 92 Nennungen kommen häufig zum Einsatz. Wie sich an Detailauswertungen der Mehrfachnennungen zeigt, setzen 124 von insgesamt 399 Betreibern (31%) beides, TV-Befahrungen und Kurzpumpversuche ein. Von 47 Betreibern, die „keine Überwachung“ angeben, haben sechs dennoch TV-Befahrungen und einer „andere“ Techniken angekreuzt.

In Abb. 9 sind die Intervalle der unterschiedlichen Arten der Zustandserfassung dargestellt. Bei 117 Betreibern, die Intervallangaben zu den TV-Befahrungen gemacht haben, liegen diese bei alle 2-5 und alle 6-10 Jahre. Auch bei den Kurzpumpversuchen werden nur von 60 Betreibern Intervalle angegeben. Pumpversuche finden meist einmal jährlich, alle 2-5 oder alle 6-10 Jahre statt. An dritter Stelle wird die Methode der Δh -Bestimmung im Betrieb eingesetzt, wobei die Intervallangaben von 50 Betreibern von kontinuierlich bis zu alle 10 Jahre reichen. Andere Überwachungstechniken werden kaum eingesetzt.

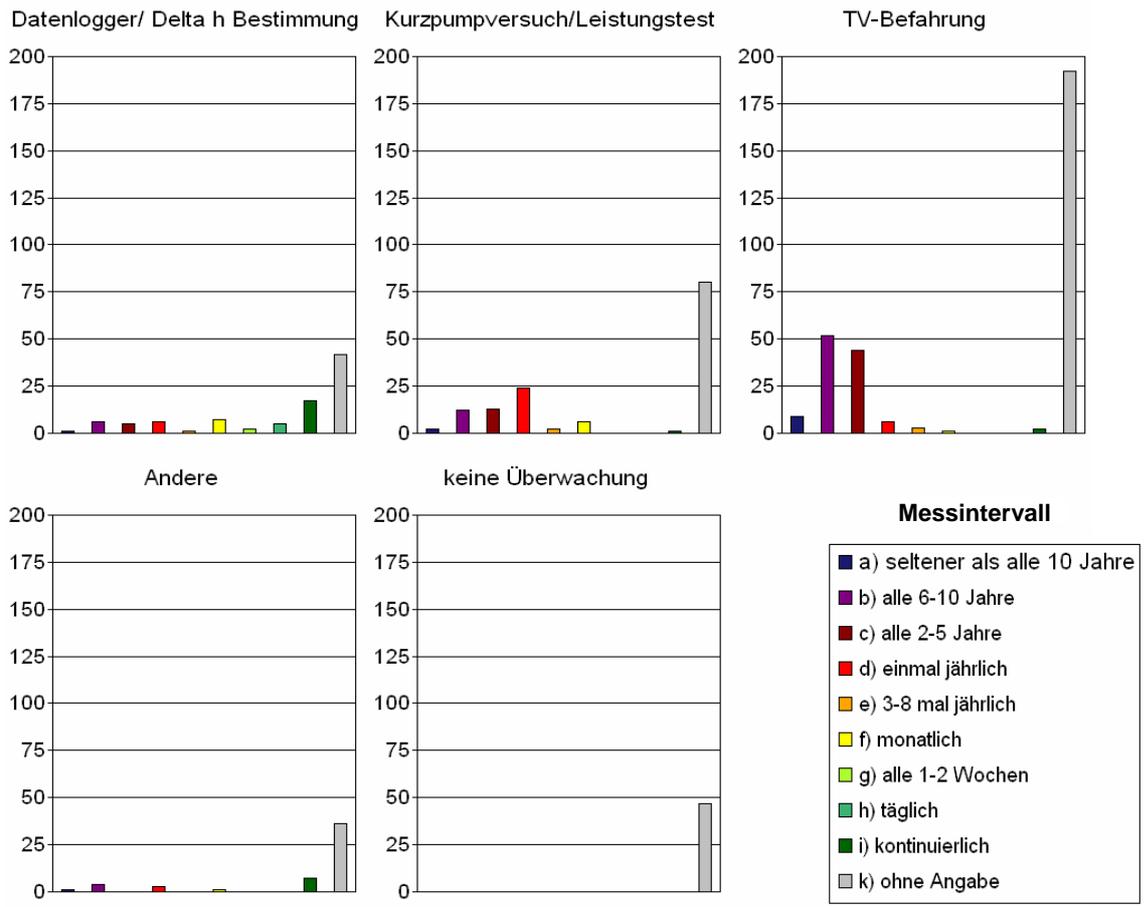


Abb. 9: Techniken und Intervalle der Brunnenzustandserfassung

Frage 11: Tritt Brunnenalterung auf? Wenn ja: Wie äußert sich die Brunnenalterung?

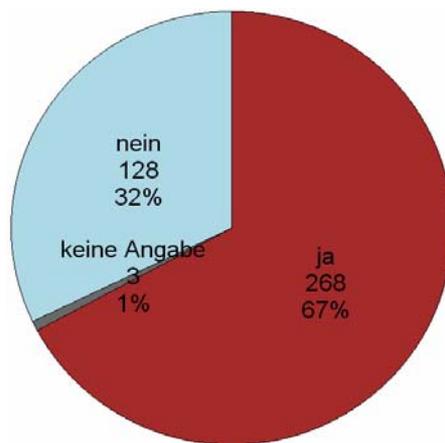


Abb. 10: Auftreten von Brunnenalterung ja/nein

Abb. 10 zeigt, dass zwei Drittel der Betreiber Alterungserscheinungen angeben, während ein Drittel keine Alterungserscheinungen feststellt. Drei Betreiber haben keine Angabe zu dieser Frage gemacht.

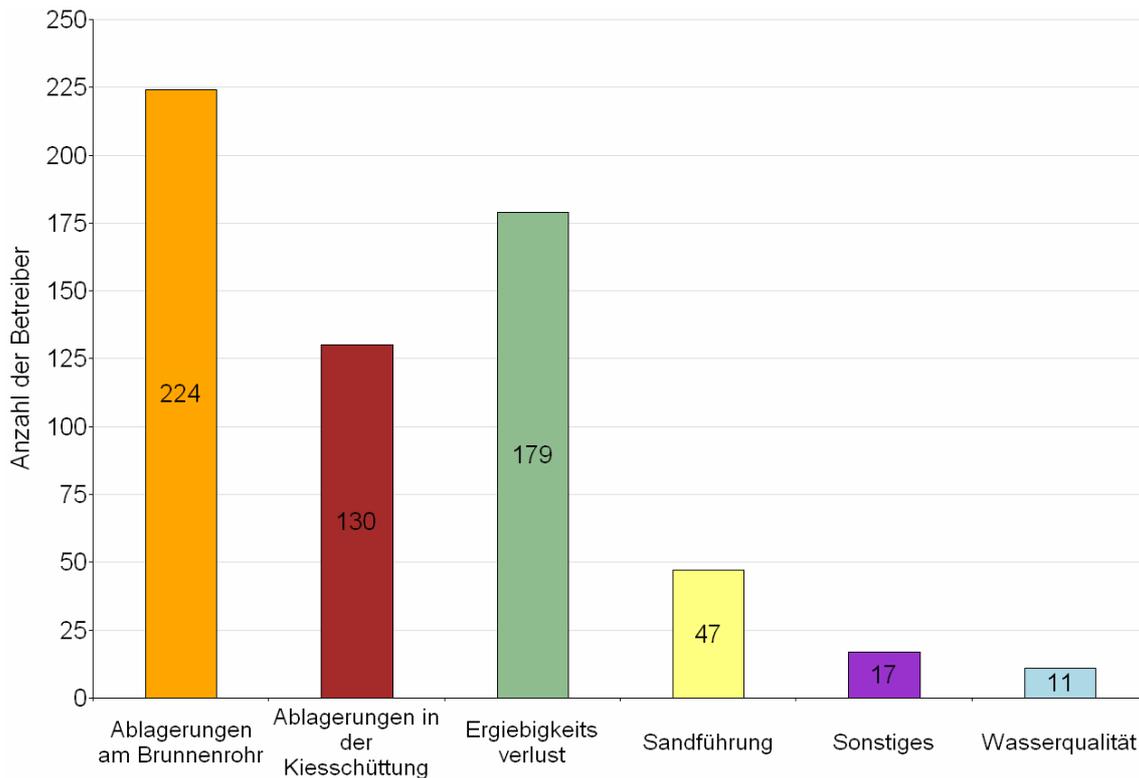


Abb. 11: Art der beobachteten Alterungserscheinungen

Die Werte zur Art der Alterungserscheinungen (Abb. 11) zeigen, dass diese von den Betreibern meist als Ablagerungen am Brunnenrohr (56%), Ergiebigkeitsverluste (44%) oder Ablagerungen in der Kiesschüttung (33%) identifiziert werden. Letztere werden vermutlich aus dem Vorhandensein von Ergiebigkeitsverlusten bei gleichzeitig freiem Brunneninneren abgeleitet. Vergleichsweise selten zeigt sich die Brunnenalterung anhand von Sandführung, Änderungen der Wasserqualität sowie in sonstigen Parametern. 50% aller 399 befragten Betreiber, nannten mehr als eine Alterungserscheinung. Als Erläuterung für „Sonstige“ wurden u.a. „Ablagerungen in den Filterschlitz“, „Ablagerungen an der Brunnenpumpe“ oder „zunehmende Absenkung“ genannt. Sie können daher weitestgehend auch den Alterungserscheinungen „Ablagerungen am Brunnenrohr“ bzw. „Ergiebigkeitsverlust“ zugeordnet werden.

2.3 Daten zur Brunnenregenerierung

Die Frage nach der Regeneriernotwendigkeit zeigt im Ergebnis eine ähnliche Verteilung wie die Frage nach dem Auftreten von Alterungserscheinungen (vgl. Abb. 10).

Frage 12: Werden, bzw. wurden die Brunnen regeneriert?

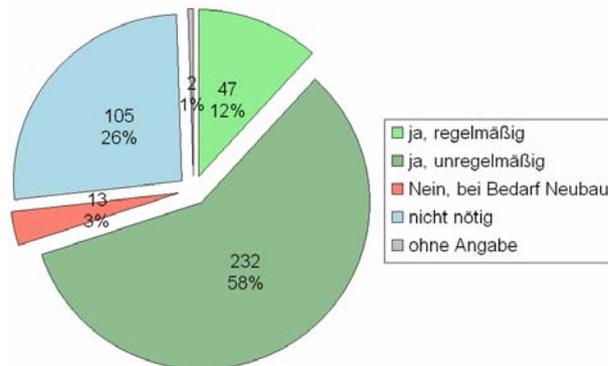


Abb. 12: Notwendigkeit von Regenerierungen

Abb. 12 zeigt, dass 29% der 399 Betreiber, ihre Brunnen nicht regenerieren, da die Notwendigkeit nicht besteht (26%) oder bei Bedarf direkt ein Brunnenneubau vorgesehen wird (3%). Insgesamt 70% der Betreiber führen Regenerierungen durch, wobei diese nur in 12% der Fälle regelmäßig jedoch in 58% der Fälle unregelmäßig stattfinden.

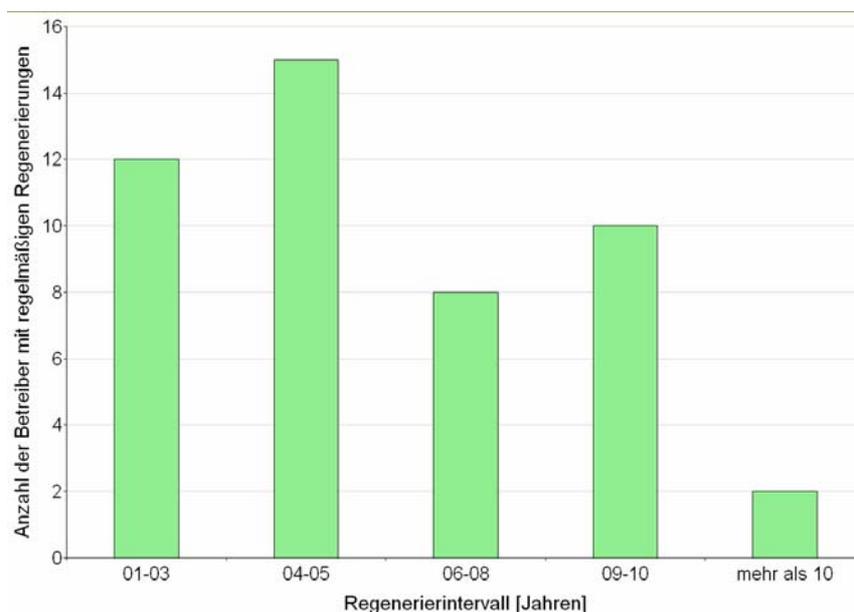


Abb. 13: Regenerierintervall bei Betreibern mit regelmäßigen Regenerierungen

Nur 47 Betreiber haben detaillierte Angaben zu ihren Regenerierintervallen gemacht. Die Betrachtung der üblichen Regenerierintervalle zeigt, dass diese mit 1 bis 3, bzw. 4 bis 5 Jahren zumeist kurz ausfallen. Etwas seltener kommen Intervalle zwischen 6 und mehr als 10 Jahren vor (Abb. 13). Die kurzen Regenerierintervalle lassen sich vermutlich auf das durchschnittlich hohe Brunnenalter (vgl. Kapitel 2.1) zurückführen.

Frage 13: Welche Kriterien sind ausschlaggebend für den Beginn einer Regenerierung?

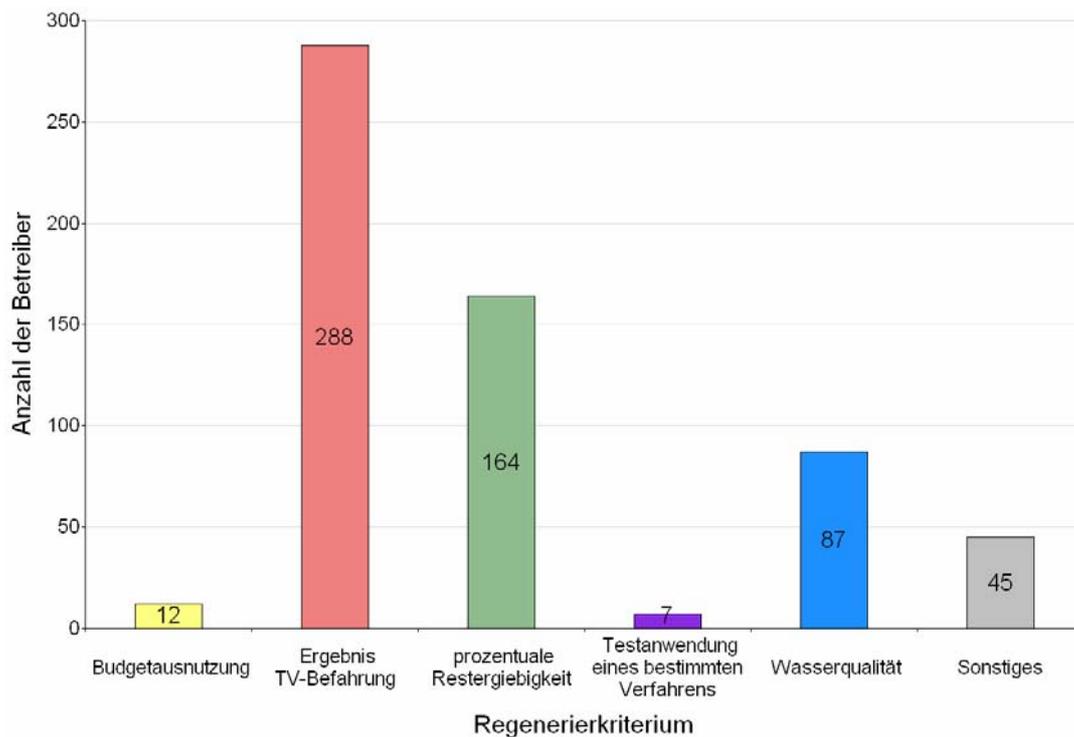


Abb. 14: Verteilung der Regenerierkriterien

Zur Frage nach den ausschlaggebenden Kriterien zur Veranlassung einer Regenerierung haben 361 der befragten Betreiber (90%) Angaben gemacht. Es zeigt sich eindeutig, dass mit 288 Nennungen gut 72% aller Betreiber die Ergebnisse der TV-Befahrungen und mit 164 Nennungen 41% aller Betreiber die prozentuale Restergiebigkeit als maßgebliche Kriterien nutzen. Mit 87 Nennungen d. h. 21% ist auch die Wasserqualität ein noch häufig berücksichtigter Faktor bei den befragten Betreibern (Abb. 14). Letzteres steht im Widerspruch zu Frage 11, nach denen die Änderung der Wasserqualität eine nur untergeordnet beobachtete Alterungserscheinung zu sein scheint.

Frage 14: Wie wird der Erfolg der Regenerierung gemessen und beurteilt?

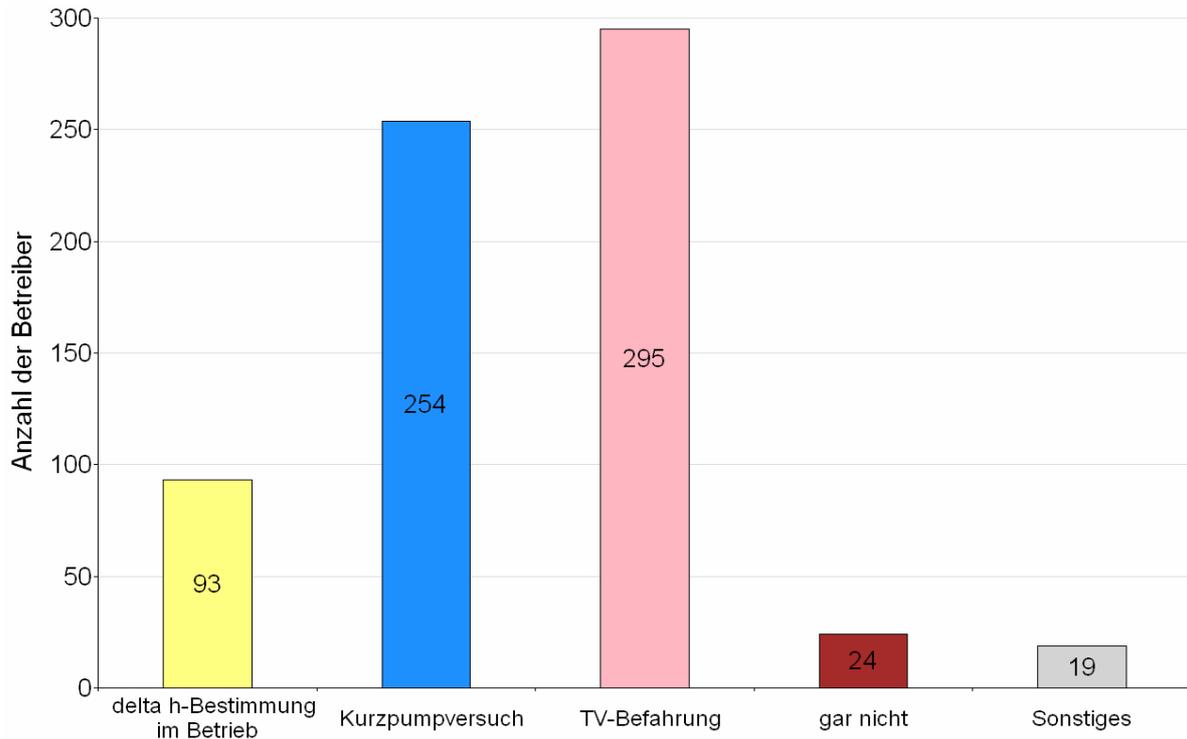


Abb. 15: Verteilung der Kriterien zur Bemessung des Regeneriererfolges

Auch der Regeneriererfolg (Abb. 15) wird maßgeblich über Pumpversuche und TV-Befahrungen bemessen. 341 Betreiber (85%) haben hierzu Angaben gemacht – auch wenn sie bei Frage 12 angegeben hatten, dass keine Regeneriernotwendigkeit besteht. Dies deutet darauf hin, dass eine der beiden Fragen möglicherweise missverstanden wurde.

So kommt bei 74% der Betreiber die TV-Befahrung zum Einsatz, um visuell die Entfernung von Belägen zu überprüfen. Bei 64% der Betreiber wird auch anhand von Kurzpumpversuchen die Restergiebigkeit bestimmt, d.h. die Wirtschaftlichkeit des Brunnens überprüft. Insgesamt 57% aller befragten Betreiber geben die Kombination aus mindestens TV-Befahrung und Kurzpumpversuch an. Bei 6% aller befragten Betreiber findet gar keine spezifische Kontrolle des Regeneriererfolges statt bzw. die Bewertung wird im laufenden Betrieb vorgenommen.

2.4 Daten zu Betriebsgruppen und –strategien

Im letzten Fragenkomplex wird nach der Einflussnahme auf den Brunnenbetrieb mittels festgelegter Strategien gefragt. Daran zeigt sich, ob gezielt Einfluss auf Brunnenalterungsprozesse genommen wird.

Frage 15: Liegt den Entscheidungen über das Zu- und Abschalten von Brunnen eine übergeordnete Betriebsstrategie zugrunde? Ordnen Sie die Brunnen entsprechenden Betriebsgruppen zu.

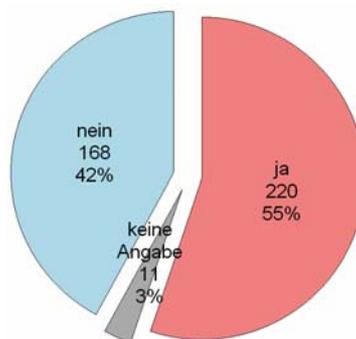


Abb. 16: Vorhandensein einer Betriebsstrategie ja/nein

Wie Abb. 16 zeigt, geben über der Hälfte der 399 Betreiber (55%) eine übergeordnete Betriebsstrategie an.

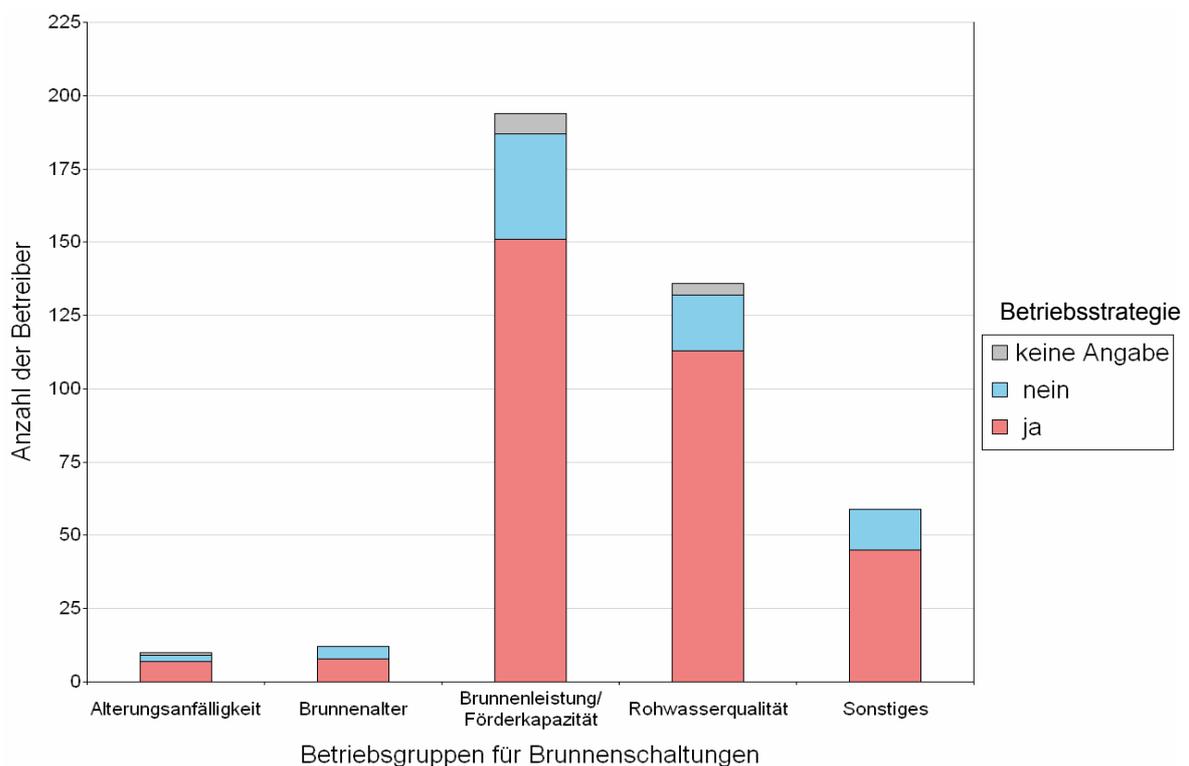


Abb. 17: Vorliegen einer Betriebsstrategie ja/nein unter Zuordnung von Betriebsgruppen.

269 von 399 Betreibern, ordnen die Brunnen bestimmten Betriebsgruppen zu (Mehrfachnennungen sind möglich) (Abb. 17). Dies gilt vorwiegend für die 220 Betreiber, die auch eine Betriebsstrategie angegeben haben (siehe Abb. 16). 53 Betreiber gaben die Zuordnung zu Betriebsgruppen an, ohne eine übergeordnete Betriebsstrategie zu haben. Die Betriebsgruppen richten sich zumeist nach der Förderkapazität und/ oder der Rohwasserqualität der Brunnen. Auch „Sonstige“ Kriterien nehmen einen großen Teil ein.

Dabei handelt es sich beispielsweise um Behälterfüllstände, die spezifische Auslegung des Versorgungsnetzes, die Betriebsstunden, Stromkosten und die Ausnutzung günstiger Nachttarife oder wasserrechtliche Rahmenbedingungen. Das Brunnenalter und die Alterungsanfälligkeit spielen hingegen bei den Betriebsgruppen meist nur marginal eine Rolle.

Frage 16: Nehmen Sie durch Änderung der Betriebsstrategie Einfluss auf mögliche Brunnenalterungsprozesse, um dem Leistungsverlust entgegenzuwirken? Wenn ja, bitte beschreiben Sie die Änderungen.

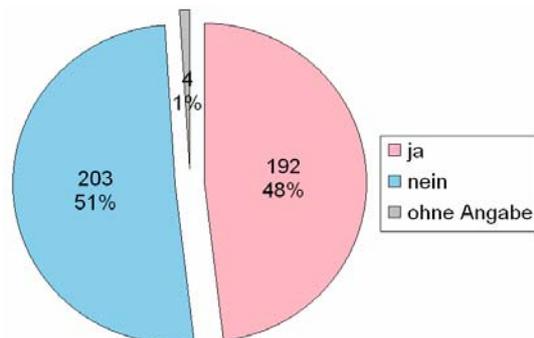


Abb. 18: Betriebsstrategie zur Beeinflussung der Brunnenalterung

Abb. 18 zeigt, dass von insgesamt 399 Betreibern knapp die Hälfte versucht, über die Betriebsstrategie Einfluss auf die Brunnenalterung zu nehmen. Von diesen 192 Betreibern haben jedoch nur 123 bei Frage 15 angegeben, ihre Brunnen überhaupt nach einer übergeordneten Betriebsstrategie zu betreiben. 64 Betreiber haben Maßnahmen angegeben, obwohl sie bei Betriebsstrategie „nein“ angekreuzt haben und 5 haben Maßnahmen angegeben aber „keine Angabe“ zur Betriebsstrategie bei Leistungsverlust gemacht. Welche Maßnahmen dies sind, zeigt Abb. 19.

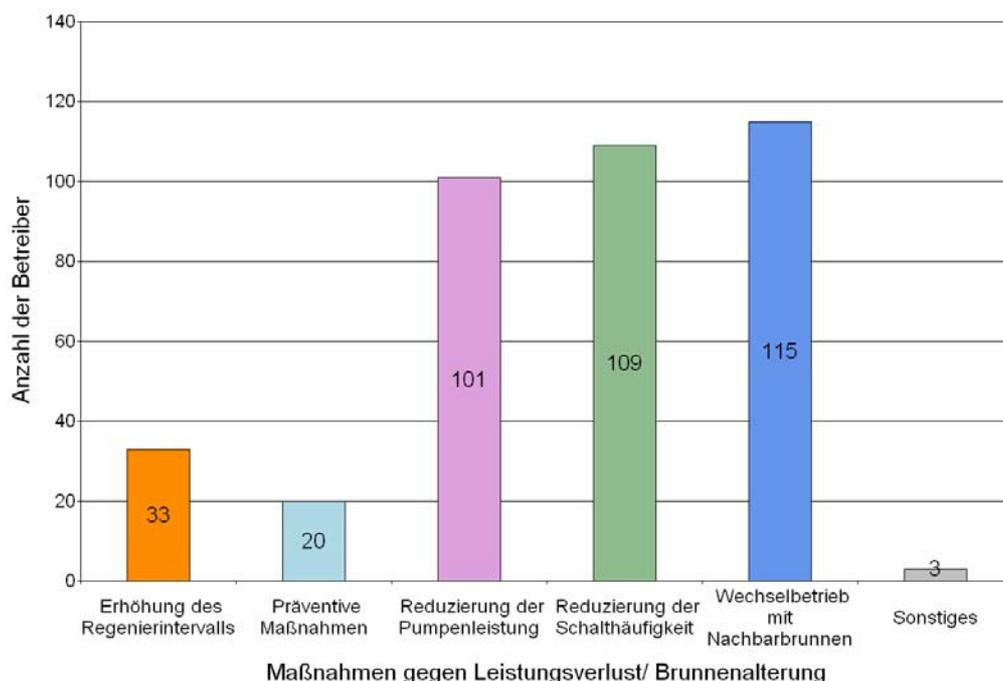


Abb. 19: Strategische Maßnahmen gegen Leistungsverlust/ Brunnenalterung

Die 192 Betreiber, die strategisch Ihren Betrieb ändern, um der Alterung entgegenzuwirken, tun dies vor allem durch den Wechselbetrieb mit Nachbarbrunnen, die Reduzierung der Schalthäufigkeit und / oder die Reduzierung der Pumpenleistung (Abb. 19, Mehrfachnennungen sind möglich), um den hydraulischen Stress für die Brunnen gering zu halten. Häufig kommen auch höhere Regenerierintervalle zum Einsatz oder präventive Maßnahmen. Bevorzugt wird jedoch versucht, einen positiven Effekt durch Regulierungen im unmittelbaren Betrieb zu erreichen.

Kapitel 3

Diskussion der Ergebnisse

Die Detailanalyse verknüpft die einzelnen Informationen der DVGW-Umfrage unter spezifischen Fragestellungen, um allgemeingültige Zusammenhänge bzgl. der Brunnenalterung und Ihrer Instandhaltung zu ermitteln.

3.1 Brunnenalter im Verhältnis zur Brunnenanzahl

Um der Frage nachzugehen, ob die kleineren Betreiber auch die älteren Brunnen haben, wurde das mittlere Brunnenalter gegen die Brunnenanzahl aufgetragen (Abb. 20).

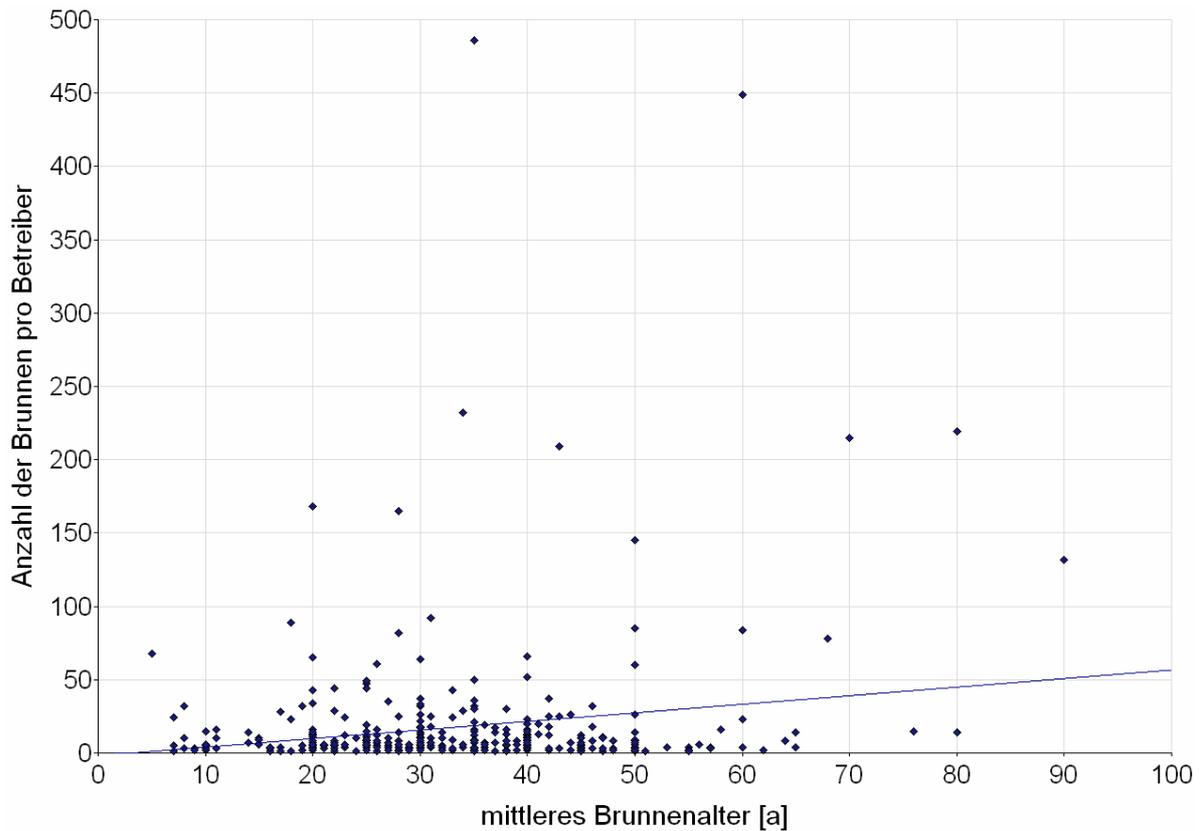


Abb. 20: Zusammenhang zwischen mittlerem Brunnenalter und Brunnenanzahl pro Betreiber

Dabei zeigt sich keine Korrelation der Brunnenanzahl mit dem mittleren Brunnenalter. Die Verteilung entspricht der generellen Verteilung der Brunnenanzahl der teilnehmenden Betreiber. Die Ausstattung der einzelnen Betreiber ist damit individuell geprägt.

3.2 Brunnenalterung im Verhältnis zum Brunnenalter

In Abb. 21 wurde die Anzahl Betreiber mit Brunnen ohne Alterungserscheinungen nach dem Brunnenalter gruppiert.

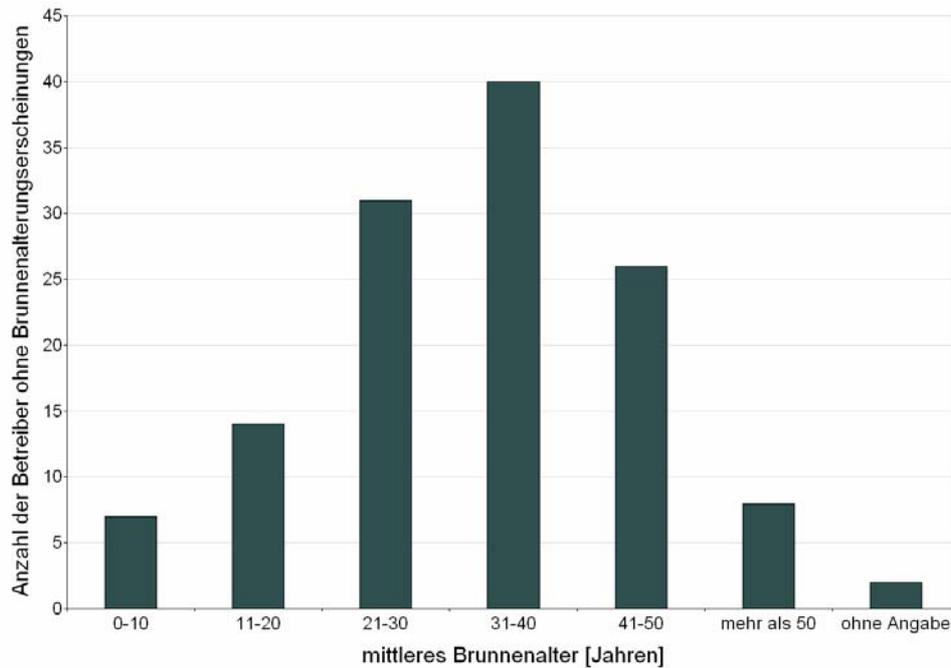


Abb. 21: Mittleres Brunnenalter der befragten Betreiber ohne Brunnenalterungserscheinungen.

Die Annahme, dass es sich bei den Betreibern die keine Brunnenalterungserscheinungen angaben um solche mit besonders jungen oder besonders alten Brunnen handelt, bestätigt sich nicht. Die Altersverteilung der 128 Betreiber ohne Brunnenalterungserscheinungen unterscheidet sich nicht von der aller 399 befragten Betreiber (vgl. Abb. 3).

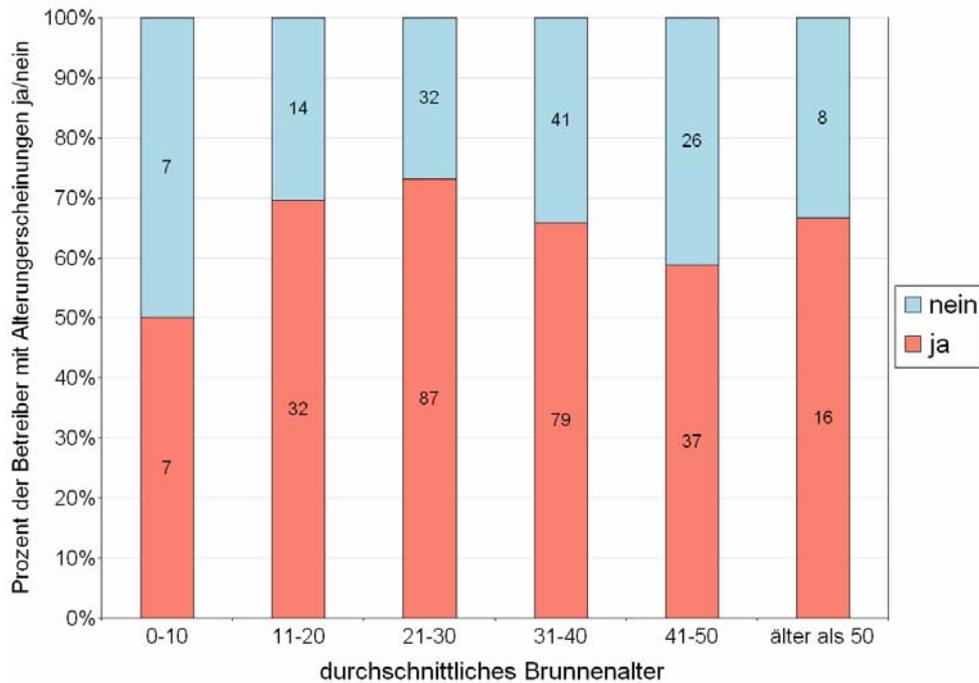


Abb. 22: Alterserscheinungen ja /nein in Abhängigkeit vom Brunnenalter

386 Betreiber haben Angaben zu Alterserscheinungen und Brunnenalter gemacht. Abb. 22 zeigt die Verteilung des Vorhandenseins von Alterserscheinungen prozentual bezogen auf die Anzahl Betreiber in der jeweiligen Altersklasse. Die absolute Zahl der Nennungen zeigt die Beschriftung der Balken.

Es zeigt sich, dass bei Betreibern mit durchschnittlich bis zu 10 Jahre alten Brunnen, die allerdings nur 4% der Betreiber repräsentieren, Alterserscheinungen in 50% der Fälle auftreten. Dieser Wert steigt erwartungsgemäß mit zunehmendem Durchschnittsalter bis zu 30 Jahren bis auf 73%. In den Altersklassen über 30 Jahren sinkt das Verhältnis jedoch wieder. So zeigen in der Gruppe der 41-50 Jahre alten Brunnen 59 % Alterserscheinungen. Betrachtet man alle Brunnen älter als 10 Jahre, zeigt diese Altersgruppe damit die prozentual geringste Anzahl Brunnen mit Alterserscheinungen.

Abb. 22 bestätigt, dass das Problem der Brunnenalterung nicht vom Brunnenalter abhängt, sondern immer brunnen- bzw. standortspezifisch ist, was auch durch andere Untersuchungen (z.B. Rubbert and Treskatis 2008) gestützt wird.

Unter Einbeziehung der angegebenen Alterserscheinungen ergibt sich folgendes Bild (Abb. 23):

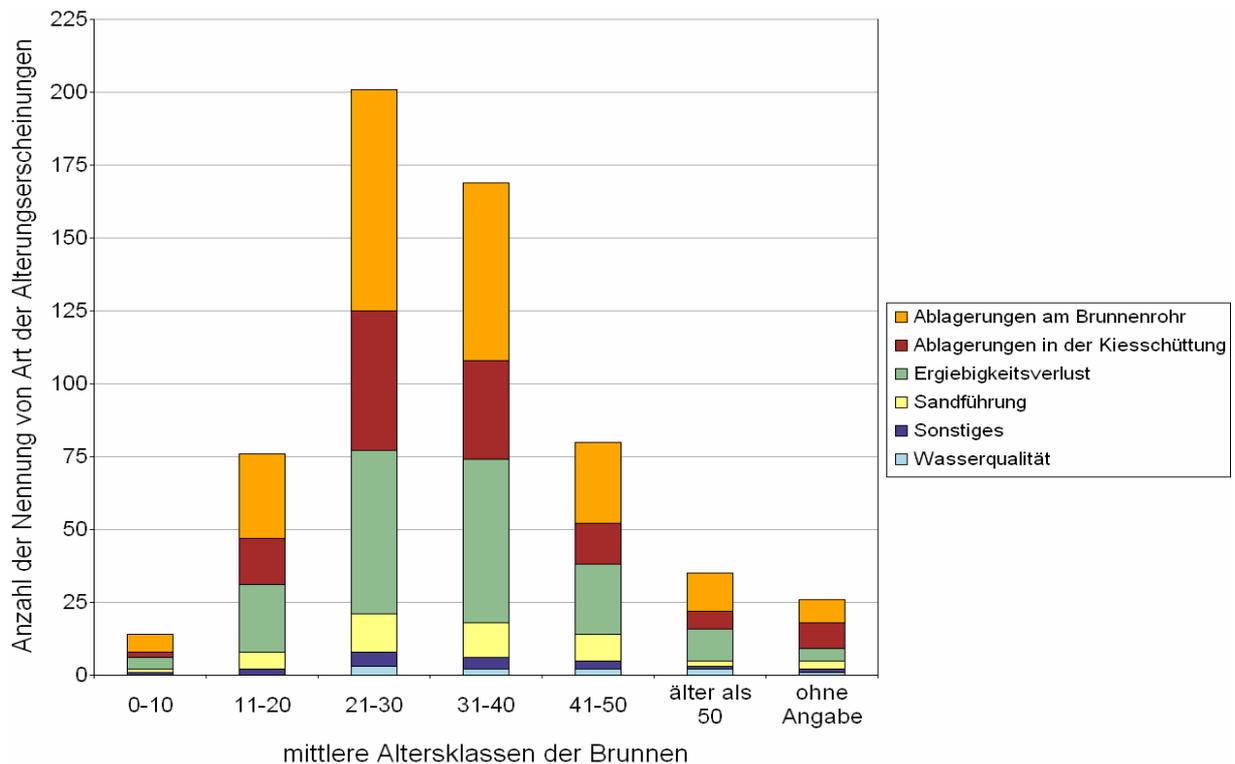


Abb. 23: Alterungserscheinungen relativ zum mittleren Brunnenalter

Bei insgesamt 266 Betreibern mit Angabe von Alterungserscheinungen (Mehrfachnennungen möglich) zeigt sich, dass die Verteilung der angegebenen Alterungserscheinungen bei allen Brunnenaltersklassen ähnlich ist. Ungeachtet des Alters dominieren grundsätzlich Ablagerungen am Brunnenrohr, Ergiebigkeitsverluste und Ablagerungen in der Kiesschüttung.

3.3 Brunnenalterung in Abhängigkeit von der Entnahmesteuerung

Um zu prüfen, inwieweit das Auftreten von Alterungserscheinungen mit der Art der eingesetzten Förderpumpen zusammenhängt, wird das Auftreten von Alterungserscheinungen bei unterschiedlicher Steuerung der Entnahmemenge (feste oder drehzahlgesteuerte Förderleistung) miteinander verglichen (Abb. 24).

In diese Bewertung wurden nur die 302 Betreiber einbezogen, die entweder ausschließlich drehzahlgeregelte Pumpen, ausschließlich Pumpen mit fester Förderleistung oder ausschließlich sonstige Pumpen angegeben haben.

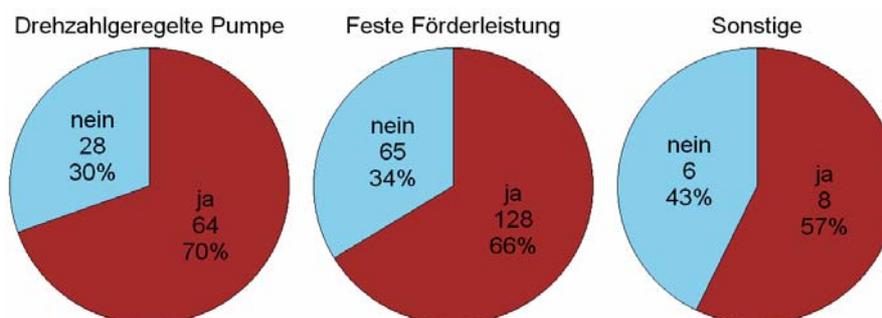


Abb. 24: Steuerung der Entnahmemenge in Brunnen mit (ja) und ohne (nein) Alterungserscheinungen

Abb. 24 zeigt, dass die Daten der insgesamt 92 Betreiber mit ausschließlich drehzahlgeregelten Pumpen im Vergleich zu den insgesamt 196 Betreibern mit fester Förderleistung kaum Unterschiede im Auftreten der Brunnenalterung aufweisen. Die Betreiber mit den drehzahlgeregelten Pumpen geben prozentual sogar etwas häufiger Alterungserscheinungen an. Nach den vorliegenden Daten scheint es keinen Zusammenhang zwischen Entnahmesteuerung und Brunnenalterung zu geben.

Der Vergleich mit einer Gruppierung der Art der Entnahmemengensteuerung nach der Anzahl der in Betrieb befindlichen Brunnen ebenfalls für die 302 Betreiber, die ausschließlich eine der vorgegebenen Pumpen installiert haben, zeigt dass drehzahlgeregelte Pumpen eher bei Betreibern mit wenigen Brunnen eingesetzt werden. Je mehr Brunnen betrieben werden, desto eher werden Pumpen mit fester Förderleistung verwendet. Abb. 25 enthält dazu die prozentuale Verteilung der Pumpenarten innerhalb der einzelnen Betreibergruppen.

Dies lässt sich wahrscheinlich damit begründen, dass sich bei einer großen Anzahl von Brunnen unterschiedliche Gesamtentnahmen einfach über das An- und Ausschalten einzelner Brunnenpumpen regeln lassen.

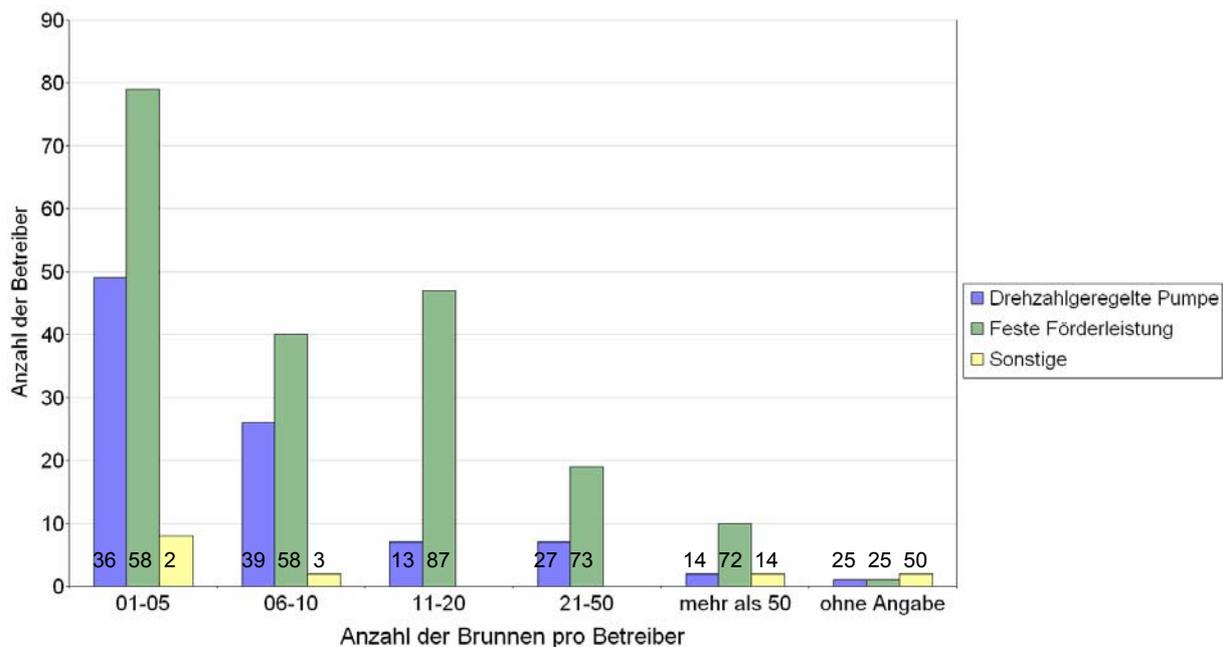


Abb. 25: Steuerung der Entnahmemenge nach Anzahl der Brunnen pro Betreiber

3.4 Brunnenalterung und Zustandserfassung

Wie in Kapitel 2.2 dargestellt, werden zur Erfassung des Brunnenzustandes meist TV-Befahrungen, Kurzpumpversuche und Δh -Messungen eingesetzt. Die am häufigsten genannten Alterungserscheinungen sind Ablagerungen am Brunnenrohr und in der Kiesschüttung sowie Ergiebigkeitsverluste.

Die Umfrageergebnisse lassen durch die Konzeption des Fragebogens zwar keine präzise Zuordnung von Alterungserscheinungen und ihrer spezifischen Art der Zustandserfassung zu. Die Zuordnung der Nennungen der Methode zur Zustandserfassung (Frage 10) zu den Nennungen „Art der Brunnenalterung“ (Frage 11) für die drei häufigsten Alterungserscheinungen bestätigt jedoch die Rangordnung für die angewendeten Methoden der Zustandsbewertung (Abb. 26):

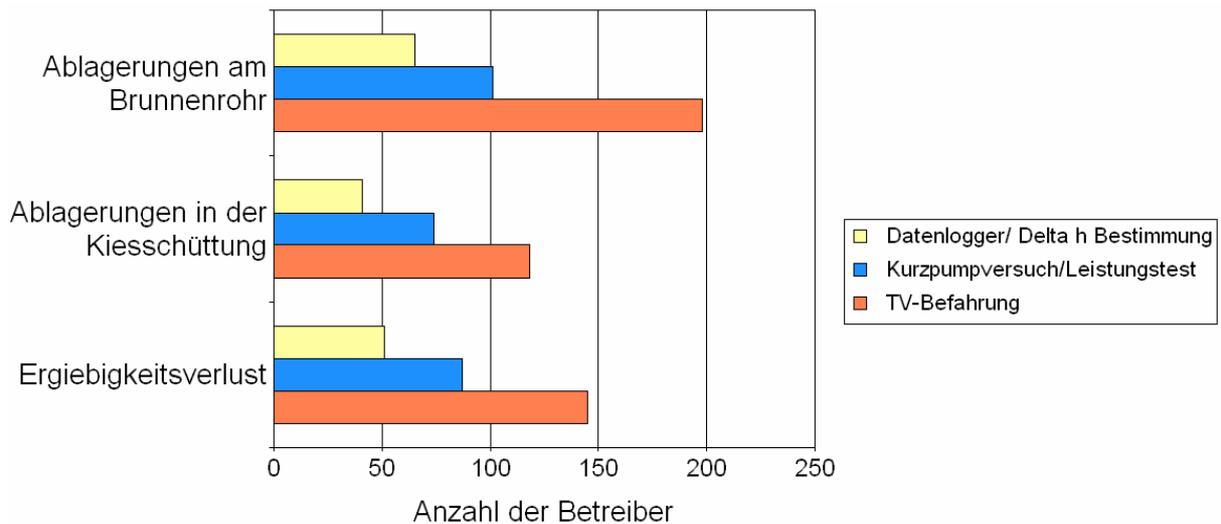


Abb. 26: Die häufigsten Alterungserscheinungen und Methoden der Brunnenzustandserfassung.

Abb. 26 zeigt, dass unabhängig von der vorliegenden Alterungsart zur Zustandserfassung vorrangig die TV-Befahrung eingesetzt wird, gefolgt von Pumpversuchen und zuletzt Δh -Messungen. Während es für die Betreiber, die „Ablagerungen am Brunnenrohr“ als Alterungsart genannt haben, nachvollziehbar ist, die TV-Befahrung zur Zustandserfassung einzusetzen, stehen die anderen Nennungen zueinander in Widerspruch und legen die Schlussfolgerung nahe, dass nur eine Verfahrenskombination aus TV-Befahrung und Pumpversuchen bzw. Wasserspiegelmessung zur Bestimmung der vorliegenden Alterungserscheinungen führt. Die Analyse der Mehrfachnennungen der Methoden zur Zustandserfassung für die Alterungserscheinung „Ablagerungen in der Kiesschüttung“ zeigt, dass 29 der 130 betroffenen Betreiber angeben, nur Kamerabefahrungen durchzuführen, 8 kombinieren die Kamerabefahrung mit „anderen“ Methoden, 9 messen zusätzlich eine Wasserspiegeldifferenz zwischen Innen- und Außenpegel und 3 kombinieren mehr als zwei Methoden.

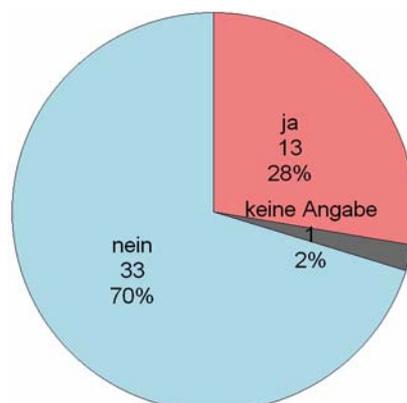


Abb. 27: Brunnenalterung ja/ nein bei Betreibern ohne Brunnenzustandsüberwachung

Eine detaillierte Betrachtung der 47 Betreiber, deren Brunnen nach den Angaben aus Frage 10 keiner Brunnenzustandsüberwachung unterliegen (Abb. 27) zeigt, dass 70% dieser Betreiber keine Alterungserscheinungen identifizieren, wohingegen 30% der Betreiber das Vorhandensein von Alterungserscheinungen angeben, obwohl sie „keine Überwachung“ vornehmen. Hier muss die Bewertung der Brunnen theoretisch anhand der während des Betriebs gemessenen Parameter erfolgen (Abb. 28).

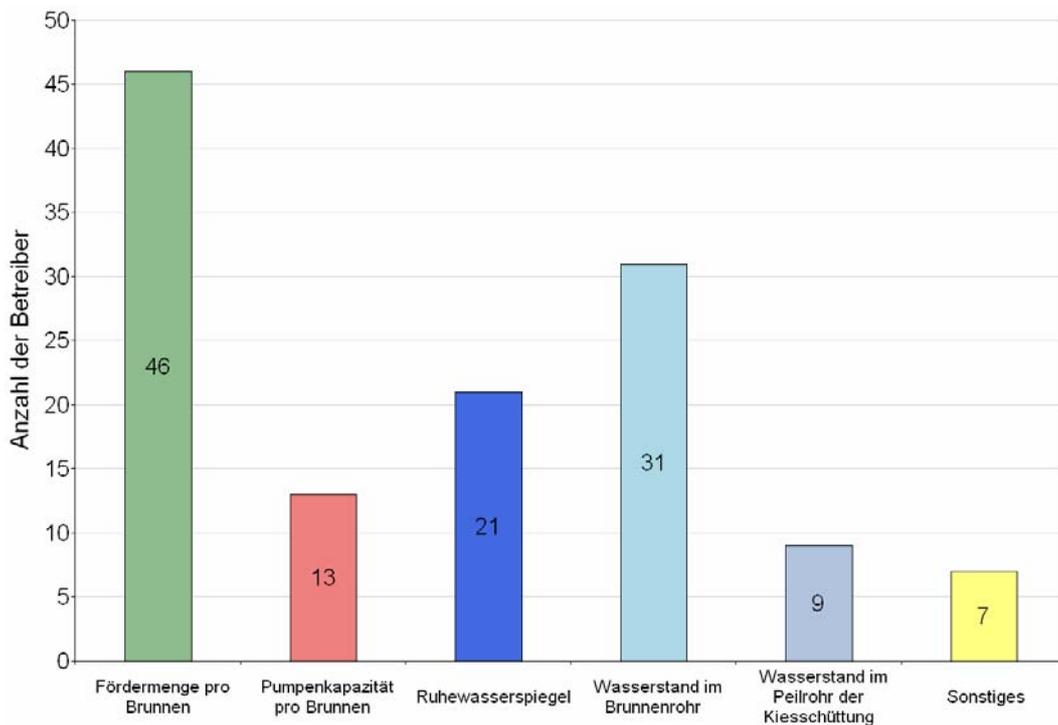


Abb. 28: Art der erfassten Brunnenbetriebsparameter bei 47 Betreibern ohne Zustandsüberwachung

Abb. 28 zeigt, dass sich die Verteilung auf die unterschiedlichen Betriebsparameter bei den 47 Betreibern ohne Zustandserfassung nicht von denen mit Zustandserfassung unterscheidet (vgl. Abb. 6, Mehrfachnennungen möglich). Insgesamt 46 dieser Betreiber beobachten beim Brunnenbetrieb die Fördermenge pro Brunnen, 31 Betreiber überwachen zusätzlich den Wasserstand im Brunnenrohr und 21 Betreiber den Ruhewasserspiegel. Dies ermöglicht grundsätzlich die Einschätzung des Brunnenzustandes hinsichtlich seiner Ergiebigkeit.

Neben dem Einfluss der verschiedenen Alterungserscheinungen wurde das Verhältnis zwischen Betriebsüberwachung (Abb. 29) und Zustandsbewertung (Abb. 30) zur Brunnenanzahl ausgewertet.

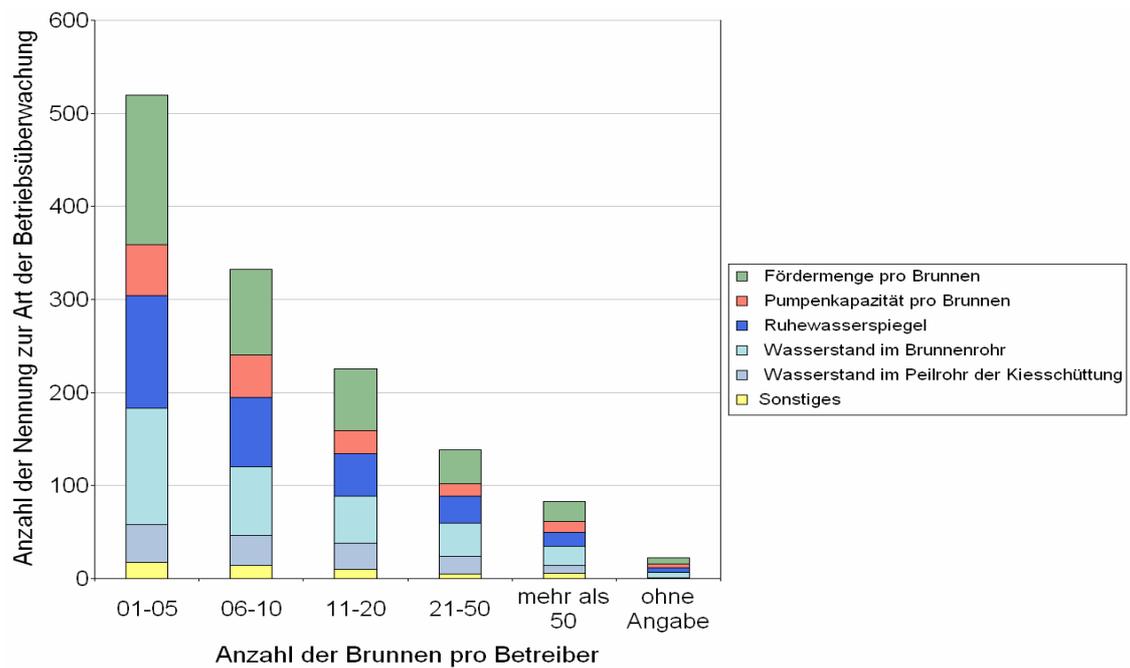


Abb. 29: Anzahl der Nennung von Art der Betriebsüberwachung relativ zur Brunnenanzahl

Wie in Abb. 29 abgebildet, ändern sich die Arten der Betriebsüberwachung proportional (unter Berücksichtigung der Mehrfachnennungen) kaum mit der Anzahl der Brunnen pro Betreiber. Unabhängig von der Anzahl der Brunnen werden vor allem die Fördermenge, der Wasserstand im Brunnen und der Ruhewasserspiegel aufgezeichnet (vgl. Abb. 6).

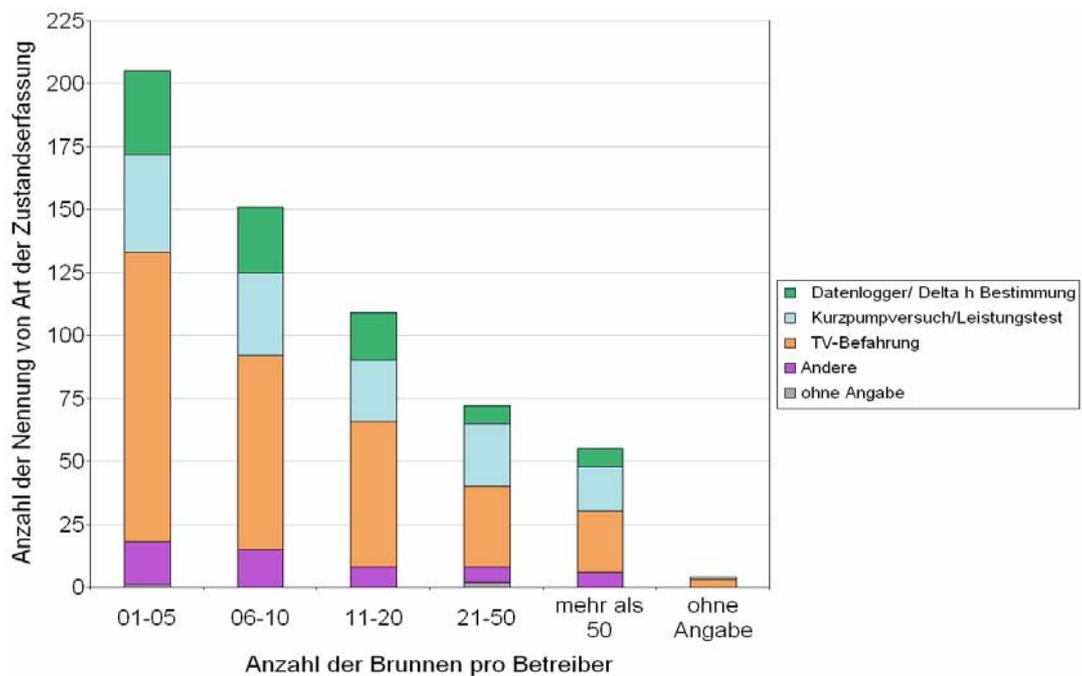


Abb. 30: Anzahl der Betreiber und Art der Zustandsüberwachung relativ zur Brunnenanzahl

Die Nennung der Zustandserfassung der 349 Betreiber, die dazu Angaben gemacht haben ist in Abb. 30 dargestellt. Auch die Art der Zustandsüberwachung ist dabei unabhängig von der Anzahl der betriebenen Brunnen. Die Verteilung auf Methoden wie TV-Befahrungen, Kurzpumpversuche und Δ -h-Bestimmungen bleibt proportional etwa gleich (vgl. Abb. 8).

Beide Darstellungen zeigen, dass die verschiedenen Parameter und Methoden zur Betriebsüberwachung (vgl. DVGW 2004) unabhängig von der Größe des Betreibers Anwendung finden.

3.5 Regenerierkriterien im Vergleich zur Regeneriernotwendigkeit

Nach dem Vergleich der Brunnenalterung gegenüber Betriebsüberwachung und Zustandsbewertung wurden die Angaben zur Brunnenregenerierung (Fragen 12 bis 14) näher analysiert. Dazu wurde zunächst die Regeneriernotwendigkeit bzw. das -intervall (Frage 12) in Bezug zu den Kriterien, die eine Regenerierung auslösen (Frage 13) gesetzt (Abb. 31). Insgesamt 361 Betreiber haben Angaben zu diesen Kriterien gemacht.

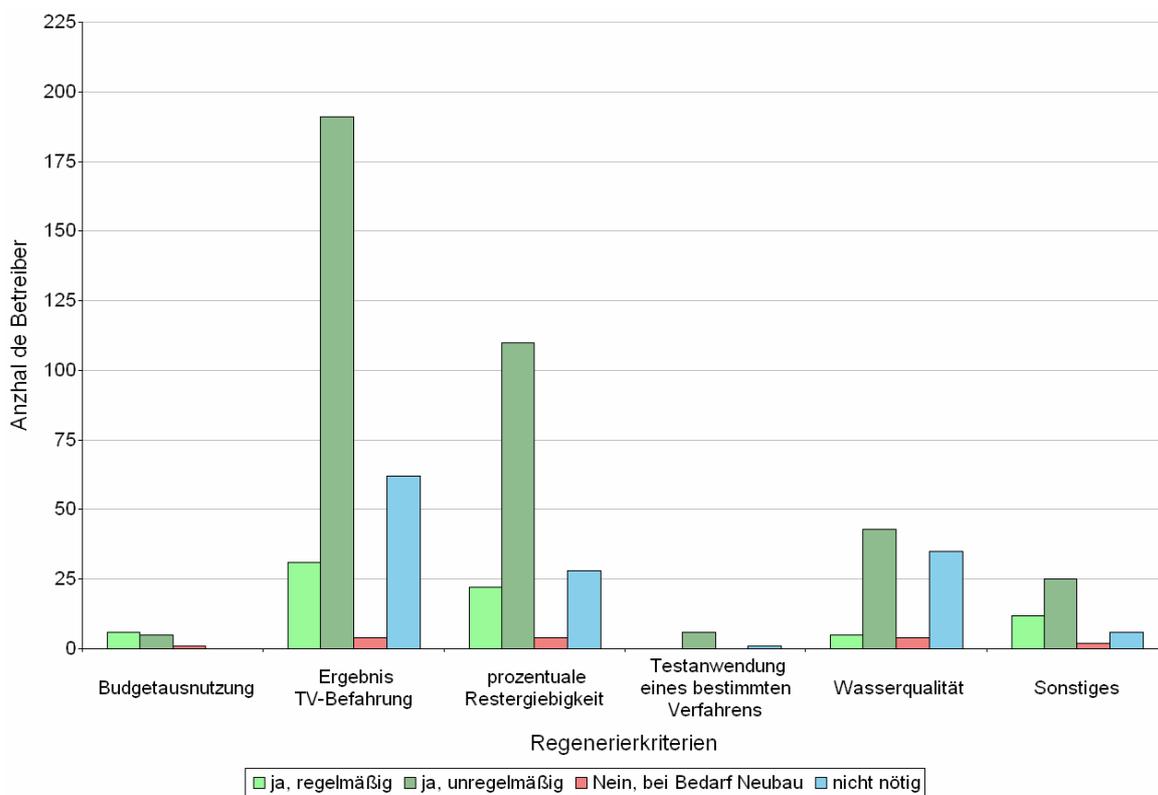


Abb. 31: Regenerierkriterien in Relation zur Regeneriernotwendigkeit

Die detaillierte Betrachtung zeigt, dass sowohl die Betreiber, die regelmäßig oder unregelmäßig ihre Brunnen regenerieren als auch diejenigen, die keine Regeneriernotwendigkeit sehen, die gleichen Kriterien zur Identifikation heranziehen.

Eine interessante Gruppe stellen die Betreiber dar, die angeben, dass eine Regenerierung „nicht nötig“ ist (vgl. Abb. 12).

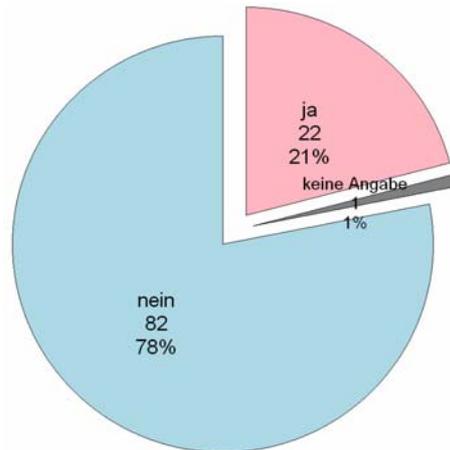


Abb. 32: Brunnenalterung ja/nein bei Regenerierung "nicht nötig"

Von diesen 105 Betreibern weisen laut Nennung zu Frage 11 78% keine Alterserscheinungen auf (Abb. 32). Unklar bleibt warum bei 21% dieser Betreiber trotz vorhandener Alterungserscheinungen eine Regenerierung als „nicht nötig“ erachtet wird – vermutlich zeigen TV-Befahrungen und Pumpversuche zwar Alterungserscheinungen an, diese werden jedoch nicht als regenerierbedürftig eingestuft.

Die Betreiber, die zwar Alterungserscheinungen angeben, aber keine Notwendigkeit für Regenerierungen sehen, wurden noch hinsichtlich der Brunnenanzahl (Abb. 33) und des Durchschnittsalters der Brunnen (Abb. 34) ausgewertet. Die Aussagekraft ist jedoch aufgrund der kleinen Stichprobenanzahl von nur 22 Betreibern begrenzt.

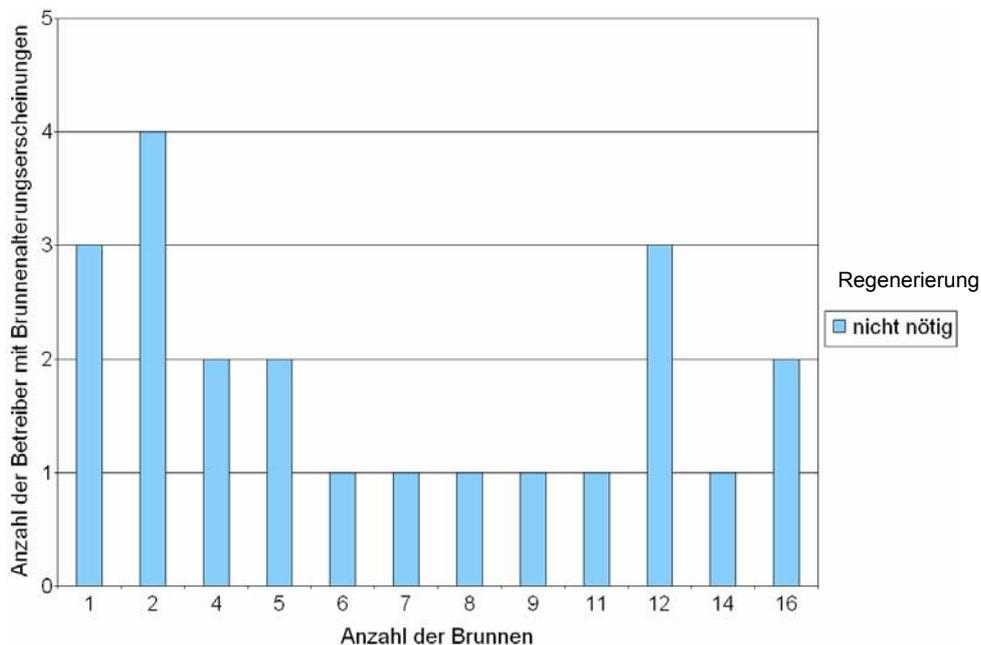


Abb. 33: Brunnenanzahl bei Betreibern mit Brunnenalterung aber ohne Regeneriernotwendigkeit

Die Anzahl der Brunnen liegt bei den 22 Betreibern ohne Regenerierungen zwischen 1 und 16, d.h. es handelt sich um Betreiber mit kleinen Werken.

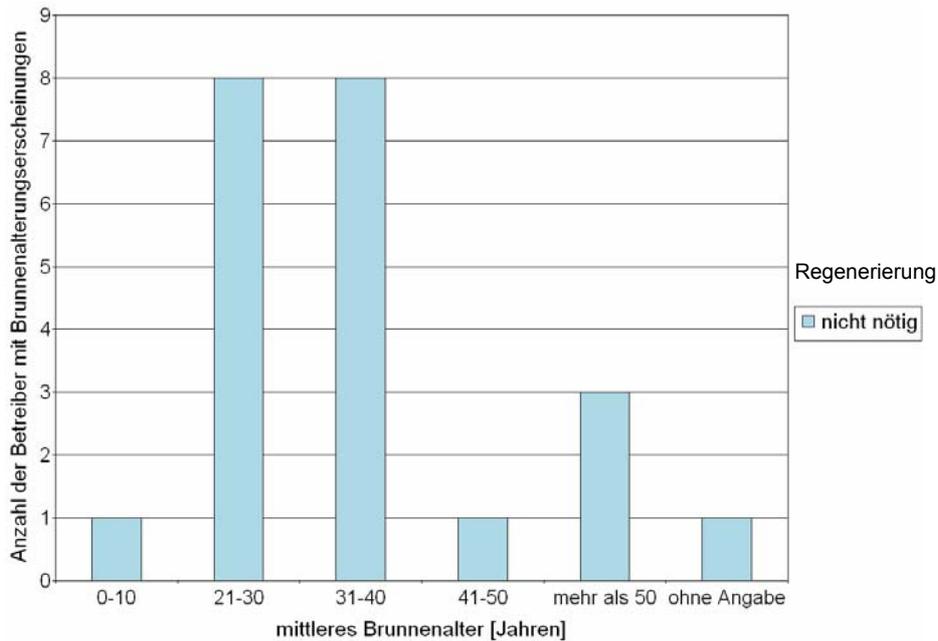


Abb. 34: Mittleres Brunnenalter bei Betreibern mit Brunnenalterung und ohne Regenerierungen

Die betreffenden Betreiber haben überwiegend Brunnen zwischen 20 und 40 Jahren und zeigen keinen Trend in der durchschnittlichen Altersverteilung.

Die Entscheidung gegen Regenerierungsmaßnahmen bleibt unklar – möglicherweise erscheinen Regenerierungen hier wirtschaftlich nicht rentabel.

Die übrigen 279 Betreiber (vgl. Abb. 12) regenerieren ihre Brunnen unregelmäßig (232 Nennungen) oder in bestimmten Intervallen (47 Nennungen). Deren Altersverteilung zeigt Abb. 35:

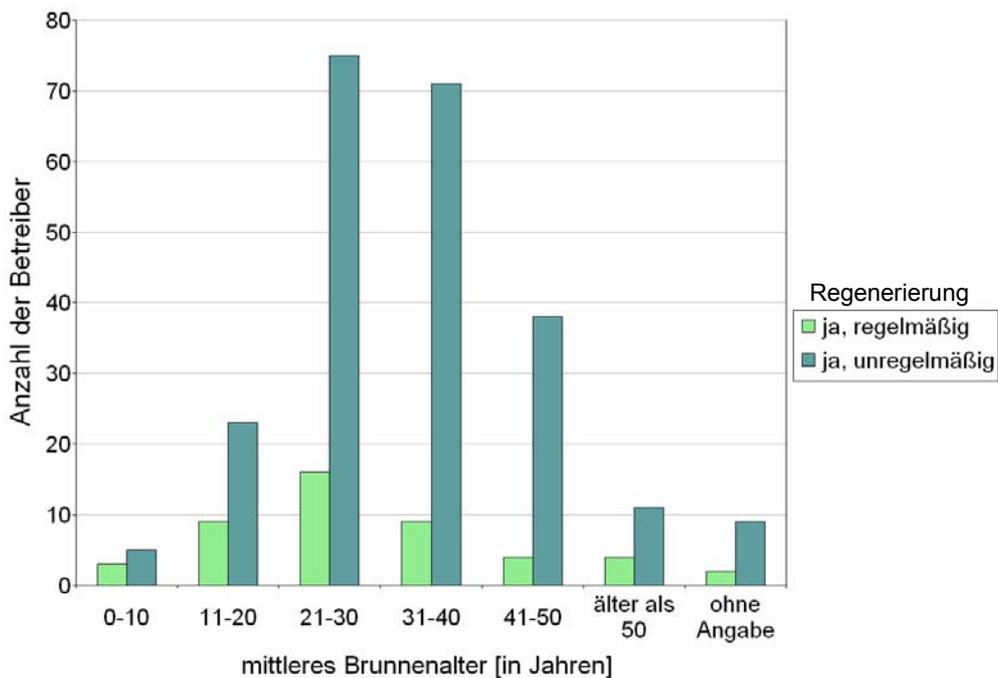


Abb. 35: Anzahl der Betreiber mit Regenerierungen nach Brunnenalter

Dabei scheint das Durchschnittsalter keinen Einfluss auf die Regelmäßigkeit der Regenerierung zu haben. Im Vergleich werden auch jüngere oder ältere Brunnen nicht bevorzugt regelmäßig regeneriert.

Die 47 Betreiber, die angegeben haben, ihre Brunnen regelmäßig zu regenerieren, wurden daher bezüglich des mittleren Brunnenalters (Abb. 36) und der Anzahl der Brunnen (Abb. 37) noch einmal gesondert dargestellt.

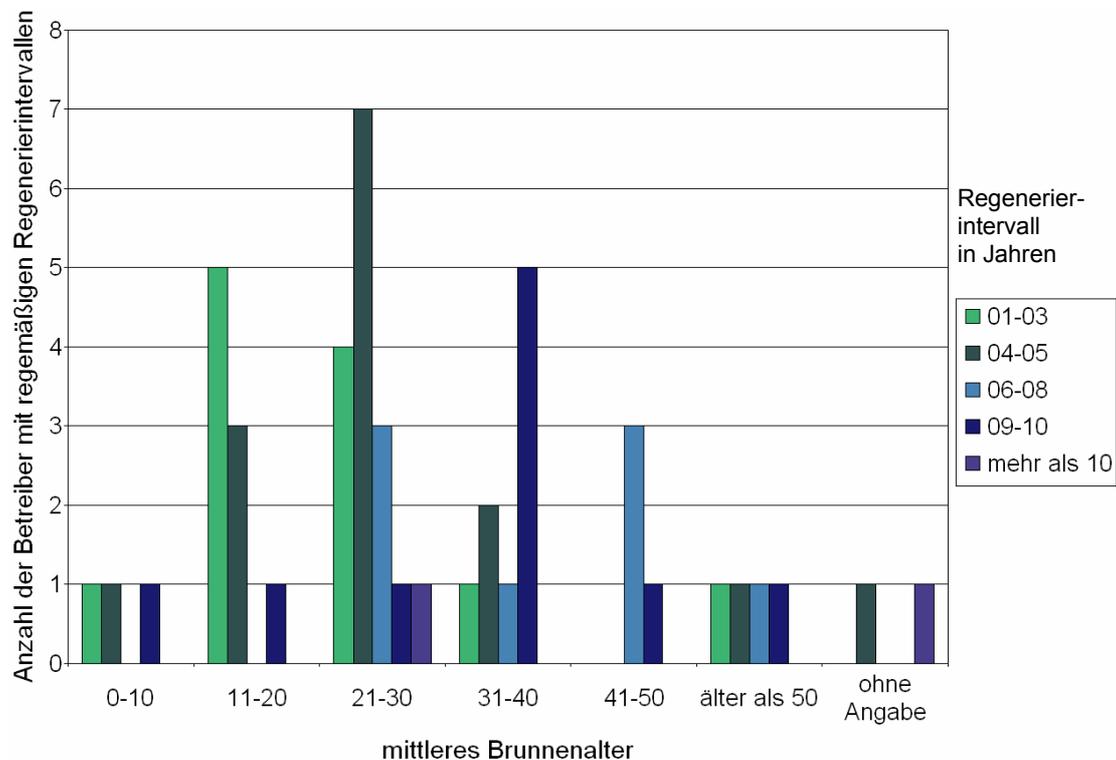


Abb. 36: Mittleres Brunnenalter der 47 Betreiber mit regelmäßigen Regenerierintervallen

Abb. 36 zeigt dabei einen interessanten Zusammenhang: Von den 47 Betreibern die regelmäßig regenerieren, sind vor allem die Regenerierintervalle der Betreiber mit den im Mittel jüngeren Brunnen hoch. Dies kann eine Folge der Erkenntnis sein, dass rechtzeitiges und regelmäßiges Regenerieren die Ergiebigkeit eines Brunnens langfristig sichert oder dass aufgrund einer standortspezifischen schnellen Alterung sowohl oft regeneriert werden muss als auch die Brunnen generell eine niedrigere Lebenserwartung haben und daher jünger sind.

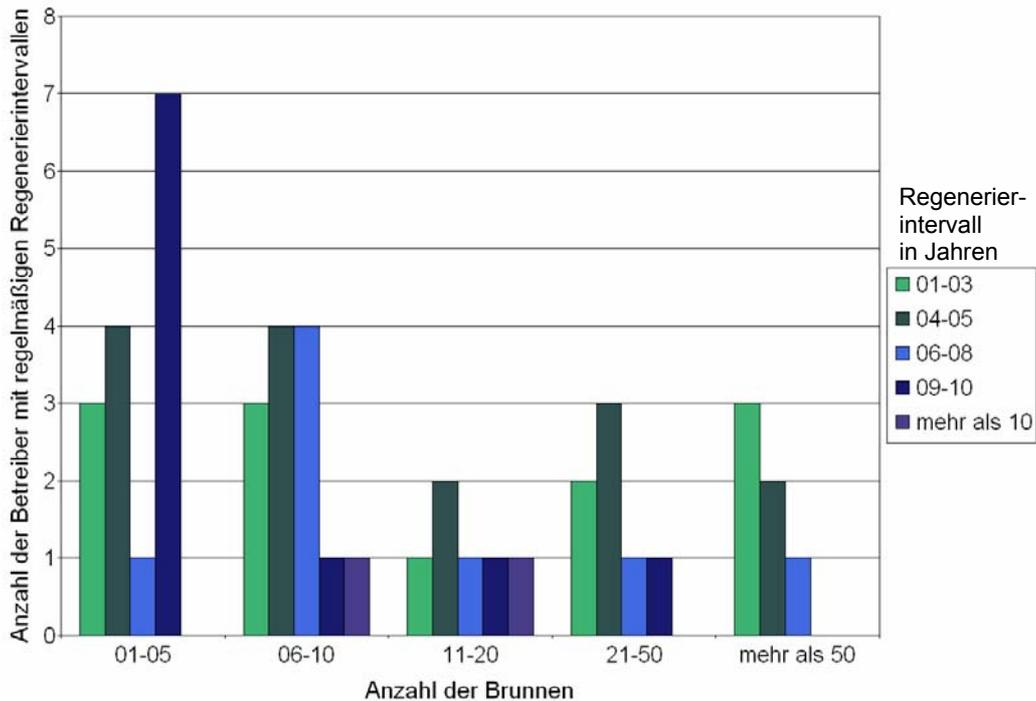


Abb. 37: Anzahl der Brunnen bei 47 Betreibern mit regelmäßigen Regenerierintervallen

Die Anzahl der Brunnen (Abb. 37) zeigt hingegen keinen klaren Zusammenhang zu den Regenerierintervallen der 47 Betreiber.

3.6 Maßnahmen gegen die Brunnenalterung relativ zur Brunnenanzahl

Bezüglich der Maßnahmen zur Beeinflussung der Brunnenalterung ist aus Sicht der Wirtschaftlichkeit besonders die Abhängigkeit zur Brunnenanzahl von Interesse.

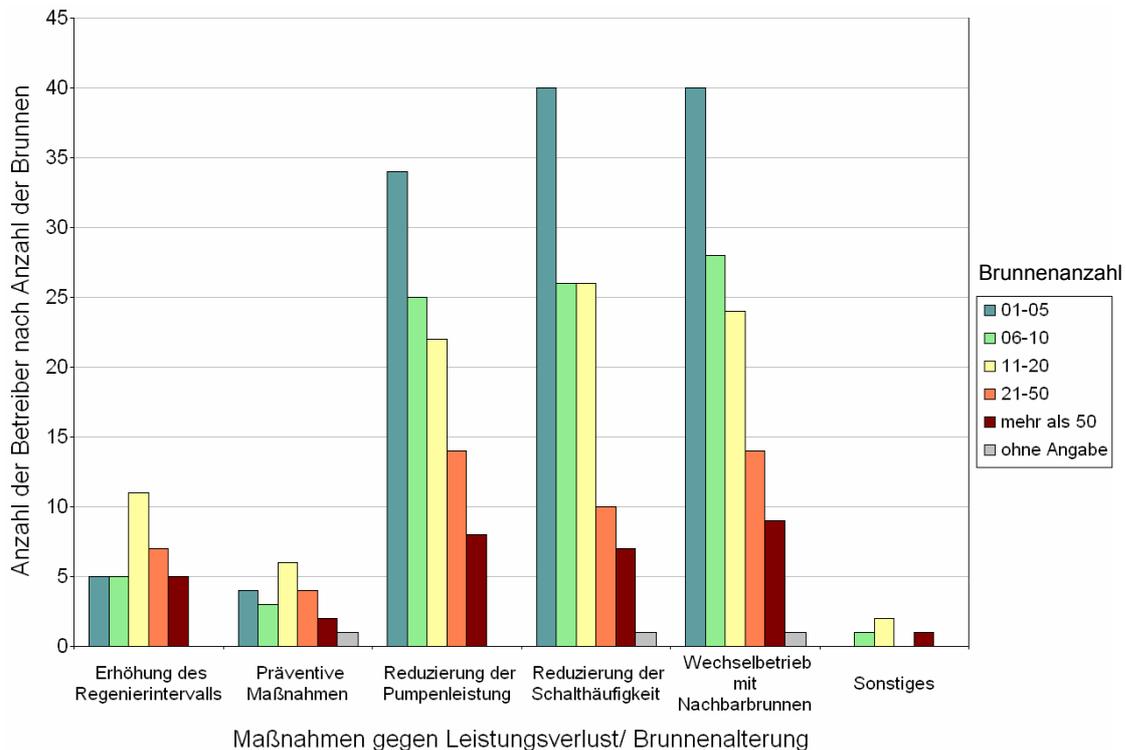


Abb. 38: Anzahl der Betreiber mit Maßnahmen gegen Leistungsverlust relativ zur Brunnenanzahl

Bei den Betreibern mit nur 1 bis 5 Brunnen fällt eine Entlastung durch Wechselbetrieb vermutlich eher gering aus. Dennoch zeigt Abb. 38, dass der Schwerpunkt der Maßnahmen im Wechselbetrieb mit Nachbarbrunnen und in der Reduzierung der Schalthäufigkeit liegt. Der Einsatz präventiver Maßnahmen und eine Verkürzung des Regenerierintervalls finden insbesondere bei mittelgroßen Betreibern mit 11 bis 20 Brunnen statt.

In diesem Zusammenhang ist auch die Neubauplanung zu untersuchen (Abb. 39, Mehrfachnennungen möglich):

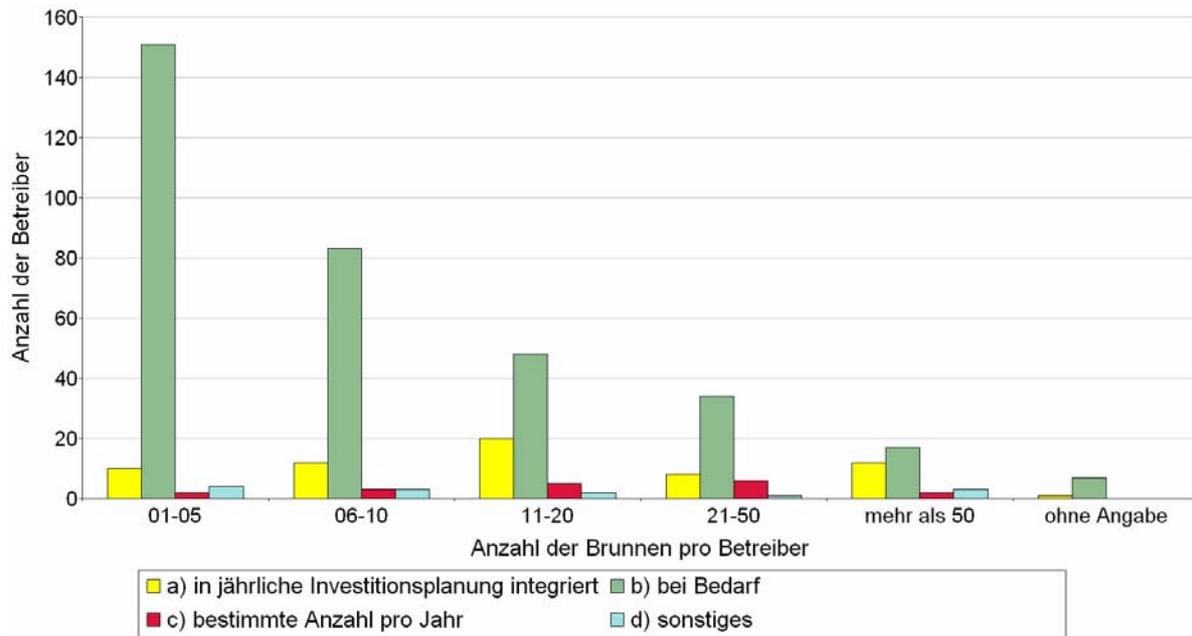


Abb. 39: Planung der Brunnenerneuerung in Abhängigkeit zur Anzahl der Brunnen pro Betreiber

Wie Abb. 39 zeigt, geben vor allem die Betreiber mit weniger als 10 Brunnen an, den Neubau nur bei Bedarf zu planen. Bezogen auf die Gesamtzahl der Betreiber in der jeweiligen Klasse und unter Berücksichtigung abgegebener Mehrfachnennungen haben 6% der Betreiber mit 1-5 Brunnen bzw. 12% mit 6-10 Brunnen zumindest teilweise die Neubauplanung in die jährliche Planung integriert. Dahingegen sind es in der Gruppe 11-20 Brunnen 31%, in der Gruppe 21-50 19% und bei den Betreibern mit mehr als 50 Brunnen immerhin 48%. In der letzten Gruppe gab es allerdings auch die meisten Mehrfachnennungen.

Kapitel 4

Fazit

Die Rücklaufquote lag bei 26% bei einer überwiegenden Zahl Teilnehmer mit weniger als 10 Brunnen neben wenigen großen Betrieben mit mehr als 100 Brunnen. Damit kann die Umfrage als repräsentativ für die kleinteilige Struktur der deutschen Wasserversorgung angesehen werden.

Die Ergebnisse der DVGW-Umfrage sind zu großen Teilen erwartungsgemäß, überraschen jedoch an einzelnen Stellen. Im Folgenden werden sie zunächst nochmals zusammengefasst und anschließend ausgewertet. Abschließend werden daraus Empfehlungen bzw. Bedarf für die Betriebspraxis sowie Forschungsansätze abgeleitet.

Die grafischen Darstellungen in Kapitel 2 sollen den Betreibern darüber hinaus als Grundlage für die Einordnung des eigenen Standes der Praxis dienen.

4.1 Zusammenfassung der Umfrageergebnisse

Die Analyse der Fragebögen ergab die folgenden Ergebnisse und Zusammenhänge:

- Der überwiegende Teil der Teilnehmer (64%) betreibt nur bis zu 10 Brunnen. Insgesamt 11 Teilnehmer (weniger als 3%) haben mehr als 100 Brunnen in Betrieb. Der größte Betreiber hat 486 Brunnen in Betrieb, der zweitgrößte 449 und der drittgrößte schon nur noch 232 Brunnen.
- Mit 44 Nennungen bzw. 11% stellen die Betreiber mit zwei Brunnen die größte Gruppe bezüglich der Brunnenanzahl dar, gefolgt von vier Brunnen (37 Nennungen) und drei Brunnen (36 Nennungen).
- Das durchschnittliche Brunnenalter weist eine Normalverteilung auf. Die ältesten Brunnen sind 90 Jahre alt (1 Betreiber, 132 Brunnen), die jüngsten 5 Jahre (1 Betreiber, 68 Brunnen).
- Mit 48 bzw. 47 Nennungen sind die Durchschnittsalter 40 Jahre und 30 Jahre am stärksten vertreten. Das mittlere Alter liegt bei 34 Jahren. 199 Betreiber haben jüngere Brunnen, 183 ältere und 4 gleichalte (13 ohne Angabe). Der Betreiber mit den meisten Brunnen weist ein Durchschnittsalter von 35 Jahren aus und bestätigt damit das Durchschnittsalter.
- Die Neubauplanung fällt grundsätzlich bedarfsorientiert aus. Tendenziell haben eher die großen Betreiber die Brunnenenerneuerung in die jährliche Investitionsplanung mit einbezogen.
- Die Hälfte (196 Nennungen) aller Betreiber, die Angaben zur eingesetzten Pumpenart gemacht haben, betreibt die Brunnen ausschließlich mit fester Förderleistung. 92 Betreiber (23%) setzen ausschließlich drehzahlgeregelte Pumpen ein und weitere 93 Betreiber sowohl die eine als auch die andere.
- Es zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Art der Fördermengensteuerung und dem Auftreten von Brunnenalterungserscheinungen.
- Der Brunnenbetrieb wird hauptsächlich mittels Erfassung der Fördermenge pro Brunnen, Wasserstand im Brunnenrohr und Ruhewasserspiegelmessungen überwacht. 254 Betreiber (64%) messen mindestens diese drei Parameter in Kombination.
- Die Verteilung der eingesetzten Methoden ist unabhängig sowohl von der Anzahl der betriebenen Brunnen als auch vom Vorliegen von Alterungserscheinungen.

- Die Mehrzahl der Betreiber gibt an, die Daten zur Betriebsüberwachung kontinuierlich zu messen. Zweithäufigstes Ergebnis ist allerdings „ohne Angabe“ des Messintervalls.
- Zur Zustandsbewertung hinsichtlich der Brunnenalterung setzen 77% aller Betreiber Kamerabefahrungen ein, jedoch nur 35 % von ihnen regelmäßig (Intervall zwischen 2 und 10 Jahren). 62% machten keine Angaben zum Intervall. 124 Betreiber (31%) setzen zusätzlich Kurzpumpversuche ein.
- Viele Betreiber geben an, Kamerabefahrungen „bei Bedarf“ oder „bei Regenerierungen“ durchzuführen. Der Bedarf wird dabei vermutlich aus der Betriebsüberwachung abgeleitet.
- Von den 87 Betreibern, die keine Kamerabefahrungen durchführen, nennen 17 ausschließlich Kurzpumpversuche und 18 den Einsatz von Datenloggern zur Zustandsbewertung.
- 47 Betreiber (7%) geben an, keine Zustandsbewertungen durchzuführen. Über die Hälfte von ihnen haben 5 oder weniger Brunnen in Betrieb.
- Brunnenalterung tritt nach den Ergebnissen der Umfrage bei 67% der Betreiber auf. Von den 128 Betreibern, die angeben, keine Alterungserscheinungen festzustellen, führt ein Viertel auch keine Zustandsbewertungen durch.
- Den höchsten Anteil der vorliegenden Alterungsart haben Ablagerungen am Brunnenrohr (224 Nennungen), gefolgt von Ergiebigkeitsverlust (179 Nennungen) und Ablagerungen in der Kiesschüttung (130 Nennungen).
- Insgesamt 67 Betreiber nennen nur eine einzige Alterungsart. Dabei dominieren „Ablagerungen im Brunnenrohr“ mit 36 Nennungen und „Ergiebigkeitsverlust“ mit 28 Nennungen.
- Insgesamt 279 Betreiber (70%) geben an, ihre Brunnen zu regenerieren. Der überwiegende Teil tut dies in unregelmäßigen Abständen, vermutlich bei Bedarf.
- Bezogen auf das Auftreten von Alterungserscheinungen ergeben sich folgende Details: 22 Betreiber geben an, dass eine Regenerierung nicht nötig sei, obwohl ihre Brunnen Alterungserscheinungen (i.d.R. Ablagerungen in Brunnen oder Kies kombiniert mit Ergiebigkeitsverlust) aufweisen. Im Gegenzug regenerieren 40 Betreiber ihre Brunnen, obwohl diese keine Alterungserscheinungen zeigen. Davon regenerieren 35 unregelmäßig und 5 regelmäßig.
- Hauptkriterien für den Beginn einer Regenerierung sind die Kamerabefahrung (288 Nennungen) und die Beurteilung der prozentualen Restergiebigkeit (164 Nennungen). Diese beiden Kriterien dienen gleichzeitig der Bewertung des Regeneriererfolges, die von fast allen Betreibern vorgenommen wird. Von den 341 Betreibern, die Angaben gemacht haben, kombinieren 227 die beiden Verfahren Kamerabefahrung und Kurzpumpversuch. Nur 24 Betreiber geben an, dass sie keine spezielle Erfolgskontrolle vornehmen, sondern den Brunnen lediglich im laufenden Betrieb beurteilen.
- 388 Betreiber machen Angaben zur Betriebsstrategie. Davon geben 220 (55%) an, die Brunnen nach einer übergeordneten Strategie in Brunnengruppen zu betreiben. Diese und weitere 53 Betreiber machten Angaben zu den Kriterien. Demnach basiert die Zuordnung auf einem breiten Spektrum: Neben den abgefragten Kriterien Förderkapazität (194 Nennungen) und Rohwasserqualität (136 Nennungen), wurden vor allem Behälterfüllstände, das Versorgungsnetz, Betriebsstunden, Wasserrechtliche Genehmigungen oder Stromkosten als sonstige Parameter genannt.

- Fast ein Drittel der Teilnehmer (192 Nennungen) gibt an, über die Änderung der Betriebsstrategie zu versuchen, die Brunnenalterung zu verlangsamen. Diese 192 und weitere 64 Betreiber nannten unabhängig von der Anzahl der betriebenen Brunnen vor allem den Wechselbetrieb mit Nachbarbrunnen, die Reduzierung der Schalthäufigkeit oder der Pumpleistung. Lediglich die eher selten eingesetzten Methoden der Erhöhung von Regenerierintervallen und der präventiven Maßnahmen scheinen vor allem bei den Betreibern mittlerer Größe mit 11 bis 20 Brunnen Anwendung zu finden.
- 123 Betreiber bejahten sowohl die Frage nach Zugehörigkeit ihrer Brunnen zu Betriebsgruppen als auch der Einflussnahme durch Änderung der Betriebsstrategie.

Analysiert wurden in Kapitel 3 die Brunnenalterung, der Betrieb einschließlich der Brunnenüberwachung und Zustandsbewertung sowie die Maßnahmen gegen die Brunnenalterung (Regenerierung und Betriebsstrategien).

Dabei zeigt sich erwartungsgemäß, dass zwei Drittel der Brunnenbetreiber angeben, Anzeichen für eine Brunnenalterung festzustellen. Das Auftreten von Alterungserscheinungen sowie die Verteilung der Alterungsarten zeigen jedoch keine Korrelation zum Durchschnittsalter der Brunnen.

Alle Betreiber machten Angaben zur Betriebsüberwachung. Die Auswahl der eingesetzten Methoden zeigt sich unabhängig von der Anzahl betriebener Brunnen. Einige Intervalle zur Erfassung der Betriebsdaten überraschen. So gibt eine große Zahl von Betreibern an, den Ruhewasserspiegel kontinuierlich zu erfassen, der präzise eigentlich nur außerhalb des Betriebes gemessen werden kann.

Sowohl der Brunnenzustand bezüglich der Alterung als auch der Regeneriererfolg wird überwiegend durch TV-Befahrungen und Kurzpumpversuche erfasst. Die Intervalle schwanken zwischen mehrmals jährlich bis zu einmal in 10 Jahren. Dabei zeigt sich keine Abhängigkeit zur Betreibergröße oder zum Brunnenalter, z. T. aber ein Widerspruch zu den angegebenen Alterungsarten. So nennen 17 Betreiber mit Ergiebigkeitsverlusten und/ oder Ablagerungen im Kies ausschließlich die Kamerabefahrung oder „keine Überwachung“ zur Zustandsbewertung. Dies zeigt, dass die Bewertung der Brunnenalterung aus der Betriebsüberwachung erfolgt bzw. nicht klar zwischen Betriebsüberwachung und Zustandsbewertung unterschieden wird.

Auch kann kein Zusammenhang zwischen dem Vorliegen von Alterungserscheinungen und dem Planen von Regenerierungen festgestellt werden. So gibt es Betreiber, die Brunnenalterung beobachten, aber keinen Bedarf für Regenerierungen sehen, als auch Betreiber, die angeben, ihre Brunnen zu regenerieren, obwohl diese keine Alterung zeigen. Die Instandhaltungsarbeiten erfolgen ebenso in sehr unterschiedlichen Zeitintervallen, was daran liegen mag, dass sie bei den meisten Betreibern bedarfsorientiert durchgeführt werden.

Ebenfalls unabhängig von der Anzahl und dem Alter der betriebenen Brunnen gibt gut die Hälfte der Betreiber an, ihre Brunnen Betriebsgruppen zuzuordnen. Fast ein Drittel gibt an, durch Änderungen im Betriebsregime zu versuchen, die Brunnenalterung zu verlangsamen. Auch hier sind die Angaben nicht immer konsistent, d.h. es gibt Teilnehmer, die angeben, keine übergeordneten Gruppen bzw. Betriebsstrategie zu haben, dennoch aber Maßnahmen bzw. Methoden nennen. Erfahrungen, inwieweit die genannten Maßnahmen tatsächlich eine Verlangsamung der Alterung bewirken können, wurden nicht abgefragt.

4.2 Umsetzung des DVGW-Arbeitsblatts W125 in der Praxis

Zur Bewertung des Grades der Umsetzung der in den DVGW-Merk- und Arbeitsblättern und der Literatur genannten Empfehlungen bezüglich der Brunnenüberwachung und zur Ableitung des Verbesserungspotentials werden die Umfrageergebnisse im Folgenden in Bezug zum DVGW-Arbeitsblatt W125 (DVGW 2004) gesetzt:

Tabelle 1: Umfrageergebnisse Betriebsüberwachung und Zustandserfassung in Bezug zum Betriebsüberwachungsplan gemäß DVGW W125 (in der Fassung von April 2004), ohne Kontrolle der elektrischen Einrichtungen, prozentuale Angaben bezogen auf Anzahl der Teilnehmer (100% = 399 Teilnehmer)

lfd. Nr.	Messungen/ Maßnahmen	Empfohlener Turnus	Umsetzungsgrad bei den Teilnehmern der Umfrage
Datenerfassung			
1	Brunnenwasserstände Innen Außen In Betrieb und Ruhe unter vergleichbaren hydraulischen Bedingungen	nach betrieblichen Erfordernissen	78% messen Wasserstand innen in Betrieb, 64% derjenigen, die Intervall angeben kontinuierlich 73% messen Ruhewasserspiegel, 63% derjenigen, die Intervall angeben messen kontinuierlich 32% messen Wasserstand außen, 52% derjenigen, die Intervall angeben kontinuierlich Datenlogger/ Δh setzen 23% ein
2	Volumenstrom Wasserzählerstand Differenz zur vorangegangenen Messung momentaner Volumenstrom	stündlich, monatlich, jährlich [Vor Ort: Vergleich mit SOLL]	96% messen Fördermenge, 68% derjenigen, die Intervall angeben kontinuierlich 64% messen Fördermengen und Wasserstände
3	Förderhöhe am Manometer	monatlich bis quartalsweise	nicht abgefragt
4	Betriebsstunden	täglich	nicht abgefragt
5	Stromaufnahme der Pumpe	monatlich bis quartalsweise	nicht abgefragt
6	Probenahme für Wasseranalyse	nach betrieblichen Erfordernissen	nicht abgefragt
Periodische Kontrollen			
7	Kontrolle der <i>Rohwasserqualität</i> auf brunnenalterungsrelevante Parameter	bei Bedarf [nur bei bekannten Verockerungen]	nicht abgefragt, aber 87 Nennungen (22%) als Kriterium für Regenerierbeginn 11 Nennungen (3%) als Art der Alterungserscheinung
8	Kontrolle des <i>Sandgehaltes</i>	bei Bedarf	nicht abgefragt, aber 47 Nennungen (12%) als Art der Alterungserscheinung
9	Kontrolle der Pumpenleistung	alle 3 - 6 Monate	nicht abgefragt
10	Funktionskontrolle der Brunnenpeilrohre	alle 12 Monate	nicht abgefragt

lfd. Nr.	Messungen/ Maßnahmen	Empfohlener Turnus	Umsetzungsgrad bei den Teilnehmern der Umfrage
11	Überprüfung der spezifischen Leistungsfähigkeit des Brunnens anhand von Brunnentests (ggf. mehrstufig)	alle 6 - 12 Monate	140 Nennungen (35%) als Methode zur Zustandsbewertung 60 Betreiber (15%) machen Angaben zum Intervall: überwiegend jährlich oder alle 2-10 Jahre 124 Betreiber (31%) kombinieren Brunnentest und Kamerabefahrung 179 Nennungen „Ergiebigkeitsverlust“ (45%) als Art der Alterungserscheinung 164 Betreiber (41%) nutzen Ergebnis als Kriterium für Regenerierbedarf 254 Nennungen (64%) als Methode zur Erfolgskontrolle nach Regenerierung
12	Bauliche Kontrollen des Brunnenbauwerkes und der Installation	alle 6 - 12 Monate	nicht abgefragt
13	Durchführung von Kamerabefahrungen	alle 2 - 10 Jahre	309 Nennungen (77%) als Methode zur Zustandsbewertung 117 Betreiber (29%) machen Angaben zum Intervall: überwiegend alle 2-10 Jahre 224 Nennungen „Ablagerungen am Brunnenrohr“ (56%) als Art der Alterungserscheinung 288 Betreiber (72%) nutzen Ergebnis als Kriterium für Regenerierbedarf 295 Nennungen (74%) als Methode zur Erfolgskontrolle nach Regenerierung
14	Durchführung von geophysikalischen Messungen	bei Bedarf	nicht abgefragt

4.3 Schlussfolgerungen

Wie Tabelle 1 zeigt, sind die zur Überwachung des laufenden Normalbetriebs empfohlenen Methoden und Intervalle beim überwiegenden Teil der Umfrageteilnehmer DVGW-konform umgesetzt. Soweit Angaben vorlagen, werden Wasserstände und Fördermengen bei zwei Dritteln der Teilnehmer kontinuierlich gemessen.

Aus wissenschaftlicher Sicht stellen mit Datenlogger ausgerüstete Brunnen mit kontinuierlicher Aufzeichnung der Wasserstandsentwicklungen den Idealfall dar. Ein Viertel der Teilnehmer setzt dies in der Praxis um. Hierbei kommt im nächsten Schritt der Datenauswertung und grafischen Aufbereitung größte Bedeutung zu.

Auch zur Zustandsbewertung und hinsichtlich der Feststellung des Regenerierbedarfs und der Erfolgskontrolle nach Regenerierungen werden die empfohlenen Methoden offensichtlich eingesetzt. Hinsichtlich der empfohlenen Intervalle wurden jedoch zu wenige Angaben gemacht.

Dabei spiegeln die Umfrageergebnisse nach Meinung der Autoren eine relative Überbewertung der Kamerabefahrung wider. Sie ist vergleichsweise aufwendig in der Durchführung und im Aussagegehalt auf das Brunneninnere beschränkt und dennoch mit Abstand die meist genannte Methode zur Zustandsbewertung sowie Kriterium für den

Beginn einer Regenerierung und für die Erfolgskontrolle. Dies gilt unabhängig von der Art der Alterungserscheinungen sowohl für Brunnen mit als auch ohne sichtbare Ablagerungen im Brunnenrohr. Die Abgrenzung zwischen einem optisch sauberen Brunnen und einem wirklich leistungsfähigen Brunnen ist kritisch zu hinterfragen.

Pumpversuche zur Bestimmung der Leistungscharakteristik werden gleichzeitig deutlich seltener, aber in kürzeren Zeitabständen durchgeführt. Die genannten Alterungsarten „Ergiebigkeitsverlust“ und „Ablagerungen in der Kiesschüttung“ müssen bei den meisten Teilnehmern daher eher aus der Analyse vorliegender Betriebsdaten abgeleitet worden sein.

Gerade regelmäßig aufgenommene Q-s-Kurven eines Brunnens ermöglichen jedoch sowohl das rechtzeitige Erkennen von Brunnenalterungsvorgängen als auch die Erfolgsbewertung durchgeführter Regenerierungen (DVGW 2007). Unabhängig vom Erscheinungsbild des Brunneninneren wird dabei der Zustand des Gesamtbauwerks bewertet.

Eine ganz wesentliche Schlussfolgerung ist daher die Empfehlung, den Regenerierbedarf stärker aus den Betriebsdaten und der prozentualen Restergiebigkeit abzuleiten. Hierzu sollten verstärkt Werkzeuge zur grafischen Aufbereitung der Betriebsdaten und Entscheidungshilfesysteme für die Ableitung des Brunnenzustands und des Bedarfs für ergänzende Untersuchungen entwickelt werden.

Literaturverzeichnis

- DVGW (2004). Brunnenbewirtschaftung - Betriebsführung von Wasserfassungen, DVGW. Arbeitsblatt W 125.
- DVGW (2007). Brunnenregenerierung DWGV. Arbeitsblatt W130.
- Plath, M. and Wichmann, K. (2009). "Energieverbrauch der deutschen Wasserversorgung." DVGW Energie Wasser Praxis(7/8): 54-55.
- Rubbert, T. and Treskatis, C. (2008). "Brunnenalterung: Systematisierung eines Individualproblems." bbr(07-08): 44-53.
- Schmolke, L. (2006). Brunnenbetrieb und Überwachung. Brunnen - Ein komplexes System: Wege und Möglichkeiten eines wirtschaftlichen Brunnenbetriebes. Wicklein, A. and Steußloff, S., expert verlag. 2. Auflage: 107-150.

Anhang A Der Fragebogen

Fragebogen

zu aktuellen F+E-Vorhaben zur Energieeffizienz/Energieeinsparung
und Brunnenbewirtschaftung in der Wasserversorgung

Bitte bis 31. Januar 2009 zurück an:

per Fax:

per E-Mail:

für Rückfragen steht
Ihnen zur Verfügung:

Durchwahl:

1) Name, Adresse, Bundesland des Unternehmens:

2) Art des Unternehmens:

Vorlieferant (z.B. Fernversorger)

Endverteiler

3) Angaben zum Energieverbrauch:

Energieverbrauch des Unternehmens in 2007 (umfasst Wassergewinnung, Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung und Wasserverteilung)	[kWh/a]	
Gewonnene Rohwassermenge 2007	[Mio. m ³ /a]	
Reinwasserabgabe 2007	[Mio. m ³ /a]	
Höhendifferenz im Versorgungsgebiet (Maximale Höhe [mNN] – Minimale Höhe [mNN])	[m]	

4) Verfügt Ihr Unternehmen über eigene Wassergewinnungsbrunnen?

ja

nein

Falls Sie mit „nein“ antworten, sind die übrigen Fragen nicht mehr relevant.

Falls Sie mit „ja“ antworten, bitte die nachfolgenden Fragen beantworten.

5) Anzahl der in Betrieb befindlichen Brunnen?

6) Durchschnittsalter dieser Brunnen?

Jahre

7) Wie wird die Brunnenerneuerung geplant?

In jährliche Investitionsplanung integriert
bei Bedarf

Bestimmte Anzahl/Jahr
Sonstiges

8) Wie wird die Entnahmemenge gesteuert?

Drehzahlgeregelte Pumpe
Feste Förderleistung

Sonstiges

9) Welche Daten werden während des Brunnenbetriebes erfasst? In welchem Intervall?

Parameter

Intervall

- Pumpenkapazität pro Brunnen
- Fördermenge pro Brunnen
- Wasserstand im Brunnenrohr
- Wasserstand im Peilrohr der Kiesschüttung
- Ruhewasserspiegel
- Sonstiges

10) Mit welchen Techniken und in welchen Intervallen wird der Brunnenzustand bzw. die Brunnenalterung erfasst?

Methode

Intervall

- TV-Befahrung
- Kurzpumpversuch / Leistungstest
- Datenlogger / Δh -Bestimmung im Betrieb
- Andere
- keine Überwachung

11) Tritt Brunnenalterung auf?

Ja

Nein

Wenn ja: Wie äußert sich die Brunnenalterung?

- Ergiebigkeitsverlust
- Ablagerungen am Brunnenrohr
- Ablagerungen in der Kiesschüttung
- Sandführungen
- Änderungen der Wasserqualität
- Sonstiges

12) Werden bzw. wurden die Brunnen regeneriert?

Nein, nicht nötig

Nein, bei Bedarf Neubau

Ja, regelmäßig, alle Jahre

Ja, unregelmäßig

13) Welche Kriterien sind ausschlaggebend für den Beginn einer Regenerierung?

- Ergebnis TV-Befahrung
- prozentuale Restergiebigkeit
- Beeinträchtigung der Wasserqualität
- Testanwendung eines bestimmten Verfahrens
- Budgetausnutzung
- Sonstiges

14) Wie wird der Erfolg der Regenerierung gemessen und beurteilt?

- TV-Befahrung
- Kurzpumpversuch/Leistungstest
- Δh -Bestimmung im Betrieb
- Sonstiges
- Gar nicht bzw. nur im laufenden Betrieb

15) Liegt den Entscheidungen über das Zu- und Abschalten von Brunnen eine übergeordnete Betriebsstrategie zugrunde?

Ja Nein

Zuordnung der Brunnen zu „Betriebsgruppen“ nach

- Brunnenleistung bzw. Förderkapazität
- Qualität des Rohwassers
- Brunnenalter
- Alterungsanfälligkeit
- Sonstiges

16) Nehmen Sie durch Änderung der Betriebsstrategie Einfluss auf mögliche Brunnenalterungsprozesse, um dem Leistungsverlust entgegenzuwirken?

Ja Nein

Wenn ja, bitte beschreiben Sie die Änderungen:

- Reduzierung der Pumpleistung
- Reduzierung der Schalthäufigkeit
- Wechselbetrieb mit Nachbarbrunnen
- Erhöhung des Überwachungs- und Regenerierungsintervalls
- Präventive Maßnahmen
- Sonstiges