

Anhang

Schlammfäulung oder gemeinsame aerobe Stabilisierung bei Kläranlagen kleiner und mittlerer Größe

Februar 2015, Ergänzung Juni 2017



Anhang¹⁾ A.1 Fallbeispiel 1: Nachrüstung eines BHKW zur Eigenstromerzeugung auf einer Kläranlage für 8.100 E

Ausgangssituation

Die Kläranlage Fischingen des Abwasserverbandes Empfingen im Landkreis Rottweil wurde im Jahr 1967 in Betrieb genommen und von Beginn an mit einem Faulbehälter ($V_{FB} = 332 \text{ m}^3$) ausgerüstet. Der Faulbehälter wurde mangelhaft wärmeisoliert und sein unterer Konus im Grundwasser errichtet, was zu einem großen Wärmebedarf führte. 1980 wurde ein Niederdruck-Gasbehälter ($V_{GB} = 35 \text{ m}^3$) nachgerüstet. Heute wird die Kläranlage mit N-Elimination und P-Fällung betrieben und hat eine Ausbaugröße von 8.100 Einwohnerwerten.



Bild 26: Kläranlage Fischingen

1) Der Anhang mit den Fallbeispielen steht auf der DWA-Homepage unter dem Link de.dwa.de/arbeitshilfen-aus-dem-dwa-regelwerk.html auch in digitaler Form zum kostenfreien Download zur Verfügung.

Optimierung der Schlammfäulung

Zustand bis 1999:

Der Überschussschlamm wurde direkt in einen Rohschlammschacht gepumpt und dort statisch eingedickt. Anschließend wurde Primärschlamm in den Rohschlammschacht abgelassen. Der Faulbehälter wurde nach Augenmaß täglich zwei bis vier Mal mit Rohschlamm beschickt. Der in den Faulbehälter gepumpte Rohschlamm hatte einen Trockenrückstand zwischen 1 und 4 %, im Mittel ca. 2,5 %, und einen Glühverlust von ca. 80 %. Der Faulbehälter konnte über außenliegende Umwälzpumpen pro Tag nur 0,8 Mal kontinuierlich umgewälzt werden. Die Schlammtemperatur im Faulbehälter konnte nur knapp auf 30 °C gehalten werden, obwohl die Heizwasservorlauftemperatur bei 80–90 °C lag. Pro Jahr wurden ca. 8 000 l Heizöl für die Beheizung verbraucht. Der Faulbehälter schäumte mehrmals im Jahr – vor allem im Winter. Wiederkehrendes Schäumen störte den Betrieb, die Gasleitungen verstopften, Sicherheitseinrichtungen sprangen an, und oft wurde Faulgas in die Atmosphäre emittiert.

Die zu verwertende Klärschlammmenge betrug ca. 2.500 m³/a und hatte einen Glühverlust von im Mittel ca. 55 %. Im Jahr 1999 verbrauchte die Kläranlage ca. 231.000 kWh Strom, was bei einem Strompreis von 0,09 €/kWh zu Kosten von 20.868,25 € führte. Eine Eigenstromerzeugung war nicht vorhanden. Das Faulgas wurde im Heizkessel verbrannt.

Zustand 2013:

Der Überschussschlamm wird in das Vorklärbecken zurückgeführt und gemeinsam mit dem Primärschlamm zeit- und volumengesteuert aus dem Schlammtrichter in einen Rohschlammschacht ($V = 50 \text{ m}^3$) abgelassen. Der in den Faulbehälter gepumpte Rohschlamm hat einen Trockenrückstand zwischen 2 und 6 %, im Mittel ca. 3,5 %, und einen Glühverlust von ca. 80 %. Der Faulbehälter wird ca. 18 Mal am Tag, also quasi-kontinuierlich, mit kleinen Rohschlamm-Chargen beschickt, im Mittel mit ca. 15 m³/d. Das anaerobe Schlammalter beträgt ca. 22 d.

Die Außenwand des Faulbehälters wurde teilweise wärmedämmend und die Wärmetauscherfläche verdoppelt. Ein BHKW wurde nachgerüstet.

Im Sommer wird der Faulbehälter mit bis zu 52 °C betrieben, weshalb der Notkühler des BHKW und die Gasfackel nur in Ausnahmefällen betrieben werden muss. Die Faulbehältertemperatur bleibt auch im Winter deutlich über 30 °C. Heizöl braucht nicht mehr zum Warmhalten des Faulbehälters eingesetzt zu werden. Die Kläranlage ist nun weitgehend wärmeautark. Der Faulbehälter hat eine traditionelle europäische Form (Konus-Zylinder-Konus). Er wird über außenliegende Pumpen mit einer Förderleistung von 20 bis 48 m³/h kontinuierlich und 1,5 Mal je Tag umgewälzt (das ist zwar fast eine Verdoppelung der Umwälzung, aber noch immer weit entfernt von einer guten Durchmischung, die eine Umwälzung über außenliegende Pumpen von ca. 10 Mal pro Tag erfordern würde).

Der Faulschlamm wird in einem Nacheindicker gespeichert, bevor er flüssig landwirtschaftlich verwertet wird. Nach der Eindickung/Stapelung hat er im Mittel einen Trockenrückstand von 7 % und einen Glühverlust von 45 %. Die zu verwertende Klärschlammmenge wurde auf ca. 1.800 m³/a vermindert. Der Gasmotor des BHKW wird kontinuierlich betrieben und seine Drehzahl wird in einem Bereich von 920 bis 2.300 U/min in Abhängigkeit vom Füllstand des Gasbehälters gesteuert. Der kontinuierliche Betrieb hat den Vorteil eines geringen Verschleißes und entsprechend geringen Wartungsaufwandes. Die Leistung des BHKW beträgt 5 bis 20 kW (elektrisch) und 10 bis 43 kW (thermisch). Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei 30 % und der thermische bei 60 %. Der erzeugte Drehstrom wird in Gleichstrom und dieser dann wieder in Drehstrom mit Netzfrequenz umgewandelt. Zwar hat diese Frequenzumwandlung den Nachteil eines geringen Wirkungsgradverlustes, aber den Vorteil, dass der Gasmotor kontinuierlich in einem weiten Leistungsbereich mit gutem Wirkungsgrad betrieben werden kann.

Durch die verfahrenstechnischen und energetischen Maßnahmen wurde der Gesamtstromverbrauch auf ca. 178.500 kWh/a gesenkt. Das nachgerüstete drehzahlmodulierte BHKW deckt in Mittel ca. 61 % des Strombedarfs der Kläranlage. Trotz Erhöhung des Strompreises von 0,09 €/kWh im Jahre 1999 auf 0,21 €/kWh im Jahre 2013 konnten durch die Eigenstromerzeugung von 108.000 kWh/a die Strombezugskosten auf 14.917 €/a gesenkt werden.



Bild 27: Gasmotor mit Brennwert-Wärmetauscher

Wirtschaftlichkeit der Maßnahme

Der Betriebsaufwand für die Schlammfäulung und das BHKW beträgt gemäß Angabe des Betreibers zwischen 0,25 und 1,50 h/d. Der zusätzliche Wartungsaufwand für das BHKW ist gering und umfasst insbesondere folgende Arbeiten:

- nach ca. 2 000 Betriebsstunden – Kontrolle des Ölstands und allgemeine Sichtkontrolle,
- nach ca. 4 000 Betriebsstunden – Ölwechsel,
- nach ca. 6 000 Betriebsstunden – Austausch der Zündkerzen, Justierung der Ventile, Prüfung des Kühlwassers, etc.

Die Investition für das BHKW im Jahr 2008 betrug ca. 80.000 €. 10 Jahre lang wird ein KWK-Bonus von 5,11 Cent/kWh gewährt, weil die gesamte im BHKW erzeugte Wärme auf der Kläranlage genutzt wird. Der jährliche Bonus umfasst ca. 5.500 €/a. Insgesamt betragen die Einsparungen, unter Abzug der Wartungskosten, seit der Inbetriebnahme im Jahr 2008 bis 2012 ca. 92.000 €, d. h., das BHKW hat sich bereits nach weniger als vier Jahren amortisiert.

A.2 Fallbeispiel 2: Systemwechsel von gemeinsamer aerober Stabilisierung zur Schlammfäulung

Ausgangssituation

Der Zweckverband Abwasserbeseitigung Linz-Unkel betreibt seit 1993 eine mechanisch-biologische Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 28.800 Einwohnerwerten. Die biologische Reinigungsstufe war 2-straßig und für eine gemeinsame aerobe Stabilisierung bemessen. Der Belebungsanlage war ein Anaerobbecken mit einem Volumen von 500 m³ vorgeschaltet. Der anfallende Überschussschlamm wurde nach statischer Voreindickung in einer Kammerfilterpresse mit Kalk-Eisen-Konditionierung auf ca. 30 % Feststoffgehalt entwässert. Der entwässerte Schlamm wird landwirtschaftlich verwertet.

Die Reinigungsleistung der bestehenden Anlage war zu keiner Zeit zu beanstanden. Die Stromkosten betragen ca. 130.000,00 €/a, die Kosten für die Entwässerung ca. 100.000,00 €/a und die Kosten für die Verwertung des Schlammes ca. 160.000,00 €/a. Auf der Basis einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung fasste der Zweckverband im Jahr 2008 den Beschluss, auf der Kläranlage eine Schlammfäulungsanlage nachzurüsten. Folgende Gründe waren hierfür maßgeblich:

- Einsparung von Strom beim Betrieb der Belebungsanlage,
- Einsparung beim Stromfremdbezug durch Faulgasverstromung,
- Einsparung durch Verminderung der zu entsorgenden Schlammmenge,
- ein Großteil der technischen Ausrüstung entsprach nicht mehr dem Stand der Technik, insbesondere das Belüftungssystem der Belebungsbecken, und hätte nach 20 Betriebsjahren ohnehin saniert werden müssen.

Zweistufige Kompaktfäulung

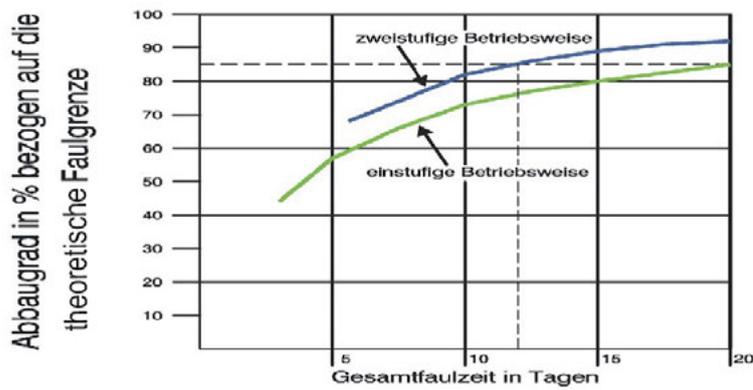
Faulbehälter für Kläranlagen kleiner und mittlerer Größe erfordern eine angepasste Technologie, insbesondere eine kostengünstige, aber trotzdem betriebssichere Gestaltung und Ausrüstung. Die gewählte Lösung weist folgende Merkmale auf:

- Zweistufigkeit zur Nutzung der besseren Abbaukinetik und zur Erhöhung der Betriebssicherheit,
- quadratische Grundfläche, leicht geneigte Sohle und flache Decke zur Reduzierung der Baukosten,
- Durchmischung mit vertikal angeordneten Zentralrührwerken,
- Doppelmembran-Gasbehälter zur Gasspeicherung,
- Mikrogasturbine zur Faulgasverwertung.

Die einfache Bauweise der beiden Faulbehälter mit quadratischem Grundriss ermöglichte ein kompaktes Bauwerk mit einem angebauten Maschinengebäude. Die Anlage kann zweistufig oder zweistraßig betrieben werden. Zu Wartungs- bzw. Reinigungszwecken kann ein Behälter außer Betrieb genommen werden, sodass jederzeit ein Notbetrieb mit dem verbleibenden Behälter möglich ist.

Wegen des zweistufigen Betriebes der Schlammfäulungsanlage ist es möglich, einen hohen Abbaugrad in einem relativ kleinen Gesamtvolumen zu erreichen (siehe Bild 28).

Die zweistufige Betriebsweise führt im Vergleich zur einstufigen bei demselben Gesamtschlammalter zu einem um etwa 10 % besseren o_{TM}-Abbau. Alternativ wird derselbe Abbaugrad in einem um ca. 40 % kleineren Gesamtvolumen erreicht. Bei einer verhältnismäßig kleinen Kläranlage macht es wirtschaftlich wenig Sinn, Volumen einzusparen – wichtiger ist die Erhöhung des Abbaugrades. Ein um ca. 10 % höherer Abbaugrad führt nicht nur zu einer Verminderung der Feststoffe im Faulschlamm um ca. 7 %, sondern auch zu einer Verbesserung der Entwässerbarkeit des Faulschlammes wegen seines geringeren Glühverlustes (d. h. seines organischen Anteils). Insgesamt ergibt sich durch die Umstellung auf eine Schlammfäulung eine Verminderung der zu entsorgenden Schlammmenge von 30–35 %. Ein besserer Abbaugrad führt auch zu einem entsprechend höheren Gasertrag.



Vorteile der 2-stufigen Verfahrensführung:

- Höherer oTR-Abbau
- Höhere Gasproduktion
- Reduzierung der Schlammmenge

Bild 28: Abbaugrad der ein- und zweistufigen Faulung (ROEDIGER & KAPP 1990)

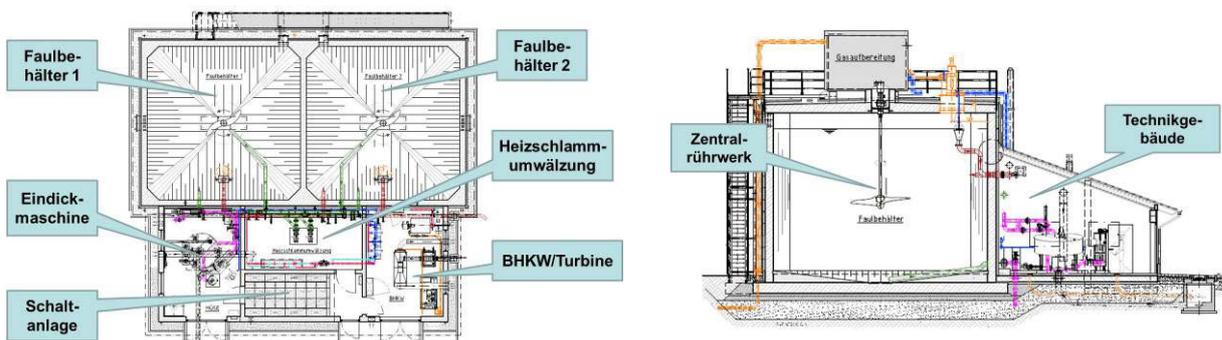


Bild 29: Grund- und Aufriss der 2-stufigen Kompaktfaulungsanlage



Bild 30: Kompaktfaulungsanlage auf der Kläranlage Linz-Unkel

Verfahrenstechnische und bauliche Maßnahmen

Umbau des bestehenden Anaerobbeckens in eine Vorklärung

Eine Schlammfäulung macht in der Regel nur dann Sinn, wenn energiereicher Primärschlamm in einem Vorklärbecken abgetrennt wird. Da das bestehende Anaerobbecken zur gesteigerten biologischen P-Elimination ohnehin nicht genutzt wurde, wurde es in ein Vorklärbecken umgebaut. Die Durchflusszeit bei Trockenwetter beträgt ca. eine Stunde, sodass im mechanisch vorgeklärten Abwasser noch ausreichend BSB für die Denitrifikation verbleibt. Durch die Umnutzung dieses Beckens konnten Baukosten eingespart werden. Nachteilig war allerdings, dass aufgrund der gegebenen Bauwerkskubatur nur ein kleiner Schlammtrichter eingebaut werden konnte, sodass der Primärschlamm nur auf einen TR von 2–3 % eingedickt wird.

Zur Förderung des Primärschlammes in den Rohschlammvorlagebehälter wurde ein Primärschlammumpferwerk mit zwei Exzentrerschneckenpumpen und vorgeschaltetem Feststoffzerkleinerer gebaut.

Stilllegung eines Belebungsbeckens und Umnutzung als Reserve-/Havarie-Becken

Das Schlammalter in der Belebungsanlage wurde von über 25 d auf 10 bis 15 d vermindert. Da wegen der Vorklärung die BSB-Fracht zur Belebungsanlage um ca. 25 % vermindert wird, reicht eines der beiden Belebungsbecken aus. Das zweite Belebungsbecken konnte stillgelegt werden und dient nun als Reserve- bzw. Havariebecken. Der Stromverbrauch der Belebungsanlage wird durch drei parallele Effekte vermindert:

- geringere Fracht nach Vorklärung,
- geringerer erforderlicher aerober Abbau, d. h. geringerer Sauerstoffverbrauch durch Verlagerung der Stabilisierung in die separate Fäulung,
- kleineres zu durchmischendes Beckenvolumen.

Maschinelle Schlammvoredickung und zweistufige Kompaktfäulung

Primär- und Überschussschlamm werden im Rohschlammvorlagebehälter mit einem Nutzvolumen von 50 m³ zwischengespeichert und durchmischt. Um die Effizienz der Faulbehälter zu erhöhen und ihr Behältervolumen gering zu halten, wird der gemischte Rohschlamm maschinell mittels eines Scheibeneindickers auf einen TR von 5 bis 6 % voreingedickt.

Die Faulbehälter haben ein theoretisch nutzbares Gesamtvolumen von 965 m³. Die Verweilzeit des Schlammes, d. h. das anaerobe Schlammalter, beträgt ca. 20 Tage. Beide Behälter weisen bei einer Grundfläche von 9,0 m × 9,0 m eine Höhe von ca. 7,0 m auf. Auch wenn das aktive Volumen in den Faulbehältern im Laufe der Jahre durch Ablagerungen in den Ecken und Kanten geringfügig vermindert wird, reicht es nachhaltig aus.

Der maschinell voreingedickte Rohschlamm (ca. 50 m³/d) wird mithilfe einer Exzentrerschneckenpumpe dem Umwälzschlamm (ca. 65 m³/h) quasi-kontinuierlich beigemischt. Ein Doppelrohrwärmetauscher überträgt 100 kW Wärme vom Heizwasser in den Schlamm.

Während der Rohschlammzufuhr wird der Schlammpegel im ersten Faulbehälter erhöht, sodass eine entsprechende Schlammmenge über einen Überlauf in den zweiten Faulbehälter verdrängt wird. Aus dem zweiten Faulbehälter wird über einen weiteren Überlauf Faulschlamm in den Stapelbehälter verdrängt.

Die Faulbehälter werden durch vertikal und zentral installierte Rührwerke durchmischt. Diese können mit einem mobilen Kran herausgehoben werden.

Gasspeicherung und -verwertung

Der Doppelmembranbehälter hat ein Nutzvolumen von 270 m³.

Trotz der höheren Investition im Vergleich zu einem Gasmotor entschied sich der Zweckverband für eine Mikrogasturbine zur Faulgasverwertung. Gründe hierfür waren der geringere Personalaufwand wegen längerer Wartungsintervalle, geringere Emissionen und eine einfachere Steuerung bei Teillastbetrieb. Ein Nachteil von Mikrogasturbinen ist aber ihr vergleichsweise schlechter elektrischer Wirkungsgrad.

Der erzeugte Strom wird zur Eigennutzung in das Netz der Kläranlage eingespeist. Die Abwärme wird zur Beheizung der Faulbehälter und des Betriebsgebäudes genutzt.

Wirtschaftlichkeit

Ob ein Systemwechsel von einer bestehenden aeroben Simultanstabilisierungsanlage zu einer Anlage mit Schlammfäulung wirtschaftlich ist, hängt insbesondere von den Rahmenbedingungen der Kläranlage ab. Gegebenenfalls erforderliche Sowi-Maßnahmen, z. B. entfallende Kosten für die Ertüchtigung und/oder Erweiterung der biologischen Reinigungsstufe, erhöhen zwar die Wirtschaftlichkeit eines Systemwechsels, sind aber keine notwendige Voraussetzung.

Investition zur Verfahrensumstellung:

Fäulungsanlage	
Bau	884.000 €
Ausrüstung	625.000 €
EMSR-Technik	165.000 €
Gasturbine	189.000 €
Zwischensumme	1.863.000 €
zzgl. 19 % MwSt.	354.000 €
Investition brutto	2.217.000 €
zzgl. Baunebenkosten	320.000 €
Gesamtinvestition	2.537.000 €

Die Investition beinhaltet neben dem Bau der Schlammfäulungsanlage mit zugehörigem Maschinengebäude und peripheren Komponenten (z. B. Rohschlammbehälter, Gasspeicher, Gasfackel, usw.) die Umrüstung des bestehenden Anaerobbeckens zu einem Vorklärbecken, den Bau eines Primärschlammumpferkes, die Verlegung der verbindenden Rohrleitungen, die Herstellung von Verkehrsflächen sowie die Mikrogasturbine zur Verwertung des anfallenden Faulgases.

Die Betriebskosten gliedern sich in

- Personalkosten,
- Energiekosten,
- Betriebsmittelkosten,
- Wartungskosten,
- Klärschlammverwertungskosten.

Personalkosten

Die Kläranlage wird seit dem Systemwechsel mit demselben Personal betrieben wie zuvor. Grund hierfür ist im Wesentlichen der deutlich geringere Personalaufwand für den Betrieb der Kammerfilterpresse infolge der deutlich geringeren Schlammmenge. Für den Betrieb der Schlammfäulung wurden trotzdem Mehrkosten von 7.520,00 €/a angesetzt.

Energiekosten

Der Stromverbrauch beim Betrieb der Anlage mit gemeinsamer aerober Stabilisierung lag im Jahresmittel bei ca. 890.000 kWh/a. Durch den Systemwechsel wurde der Fremdstrombezug auf ca. 410.000 kWh/a vermindert.

Es werden ca. 290.000 kWh/a Eigenstrom erzeugt. Der Strombedarf der Kläranlage ist wegen der Außerbetriebnahme eines Belebungsbeckens, der vorgeschalteten Vorklärung, der Optimierung der Belüftungseinrichtung und des geringeren Schlammalters und damit Sauerstoffverbrauches in der Belebungsanlage um ca. 195.000 kWh/a geringer.

Auf Basis der spezifischen Stromkosten im Jahr 2012 von 0,156 €/kWh und unter Berücksichtigung des über den Betrachtungszeitraum gemittelten KWK-Bonus (Stand 2012) von ca. 3.530,00 €/a wurde eine Einsparung der Stromkosten infolge Systemumstellung in Höhe von ca. 79.000,00 €/a errechnet.

Der aktuelle Strompreis ist 0,188 €/kWh. Seit dem Jahr 2012 ist er demnach nochmals um ca. 20 % gestiegen.

Betriebsmittelkosten

Die Kosten für Konditionierungsmittel zur Klärschlammwässerung (FeCl_3 und Kalk) wurden infolge des Systemwechsels von 99.320,00 €/a um 17.120 €/a auf 82.200,00 €/a vermindert.

Die zur Konditionierung des gemischten Rohschlammes vor der maschinellen Voreindickung und der Schlammfäulung erforderlichen zusätzlichen Kosten für Flockungsmittel wurden mit 15.000,00 €/a angesetzt.

Die Kosten für Gasfremdbezug zur Gebäudeheizung von 5.500,00 €/a entfallen nach dem Systemwechsel.

Die Betriebsmittelkosten konnten also um knapp 8.000 €/a vermindert werden.

Wartungskosten

Für die Wartung der neuen Anlagenteile wurden pauschal 0,25 % p. a. der Investition für den baulichen Teil und 0,5 % p. a. der Investition für den maschinellen und EMSR-technischen Teil angesetzt.

Die Wartungskosten der Gasturbine wurden mit 1,5 ct/kWh angenommen.

Für die Wartung der bestehenden aeroben Stabilisierungsanlage wurde ein Pauschalbetrag von 15.000,00 € angenommen. Durch den Systemwechsel kann eines der beiden Belebungsbecken außer Betrieb genommen werden. Hierdurch werden die Wartungskosten um ca. 2.500,00 €/a auf 12.500,00 €/a vermindert.

Insgesamt erhöhen sich die Wartungskosten durch den Systemwechsel um ca. 9.000 €/a.

Klärschlammverwertungskosten

Infolge des Systemwechsels konnte die zu verwertende Klärschlammmenge von ca. 3.150 t/a auf ca. 2.110 t/a vermindert werden. Das führt zur Einsparung von ca. 47.000,00 €/a.

Kostenvergleichsrechnung

Die Kapital- und Betriebskosten wurden gemäß den „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“ der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) finanzmathematisch aufbereitet.

Die mittleren Nutzungsdauern wurden in Anlehnung an die LAWA-Leitlinien wie folgt angesetzt:

- a) Baulicher Teil: 40 Jahre
- b) Ausrüstung: 20 Jahre

Der Realzinssatz wurde mit 3 % p. a. angesetzt.

Die zu den jeweiligen Zeitpunkten des Untersuchungszeitraumes anfallenden Investitionen und Reinvestitionen wurden mittels der entsprechenden Umrechnungsfaktoren (Diskontierungsfaktoren für einmalige Kosten DFAKE) diskontiert.

Die laufenden Kosten werden mit dem Diskontierungsfaktor für gleichförmige Kostenreihen DFAKR in einen äquivalenten Barwert zum jeweiligen Nullpunkt der Reihe umgerechnet.

Der Betrachtungszeitraum wurde auf 40 Jahre festgelegt. Das ergibt die folgenden Diskontierungsfaktoren:

DFAKE (3; 20): 0,55368

DFAKR (3; 40): 23,1148

Ohne Berücksichtigung besonderer Preissteigerungsraten wurden die folgenden Projektkostenbarwerte berechnet:

Gemeinsame aerobe Stabilisierung: 14.315.000 €

Fäulung: 14.097.000 €

Mithilfe der Diskontierungs- und Kapitalwiedergewinnungsfaktoren wurden als Summe der Kapitalkosten und laufenden Kosten (Betriebskosten) die folgenden Jahreskosten ermittelt:

Gemeinsame aerobe Stabilisierung: 654.000 €/a

Fäulung: 641.000 €/a

Demzufolge beträgt der Jahreskostenvorteil für den Systemwechsel zur Fäulung bei heutigen Preisen lediglich 13.000 €/a.

Die höheren Kapitalkosten für die Systemumstellung werden durch die geringen Betriebskosten mehr als ausgeglichen. Hierbei wurde eine vollständige Fremdfinanzierung vorausgesetzt, d. h. Fördergelder blieben unberücksichtigt. Bezieht man die Landesförderung in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ein, ist der betriebswirtschaftliche Kostenvorteil des Systemwechsels für den Abwasserzweckverband Linz-Unkel bereits heute deutlich größer.

Da die Energiewende, d. h. die Erhöhung des Anteils des aus regenerativen Quellen erzeugten Stromes, sehr wahrscheinlich zu einem weiteren Anstieg der Stromkosten führen wird, der deutlich über der allgemeinen Inflationsrate liegt, sind die zu erwartenden mittel- bis langfristigen Einsparungen wesentlich höher. Da bei angestrebtem Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung auch bei der Klärschlammbehandlung und -verwertung zukünftig mit erhöhten Kostensteigerungsraten zu rechnen ist, führt die deutlich geringere Schlammmenge zukünftig zu erheblichen zusätzlichen Betriebskostenvorteilen beim Systemwechsel.

Bei Ansatz einer pauschalen Erhöhung der Betriebskosten über den Untersuchungszeitraum von 2 % p. a. (über der allgemeinen Inflationsrate) beträgt der Jahreskostenvorteil für die Systemumstellung ca. 63.000 €/a.

Bei einem durchaus realistischen Szenario wurden folgende Steigerungsraten für die Betriebskosten angesetzt:

Steigerungsrate für Personal-, Wartungs- und Betriebsmittelkosten: 1 %/a

Steigerungsrate für Klärschlammverwertungskosten: 2 %/a

Steigerungsrate für Energiekosten: 4 %/a

Hierbei erhöht sich der Jahreskostenvorteil für den Systemwechsel auf ca. 120.500 €/a.

Betriebserfahrungen seit dem Systemwechsel

Die umgebaute Anlage wurde im November 2011 in Betrieb genommen. Seit März 2012 arbeitet die Anlage stabil. Die Erwartungen wurden zum Teil deutlich übertroffen.

Gasproduktion

Die prognostizierte Gasproduktion wird um ca. 26 % übertroffen.

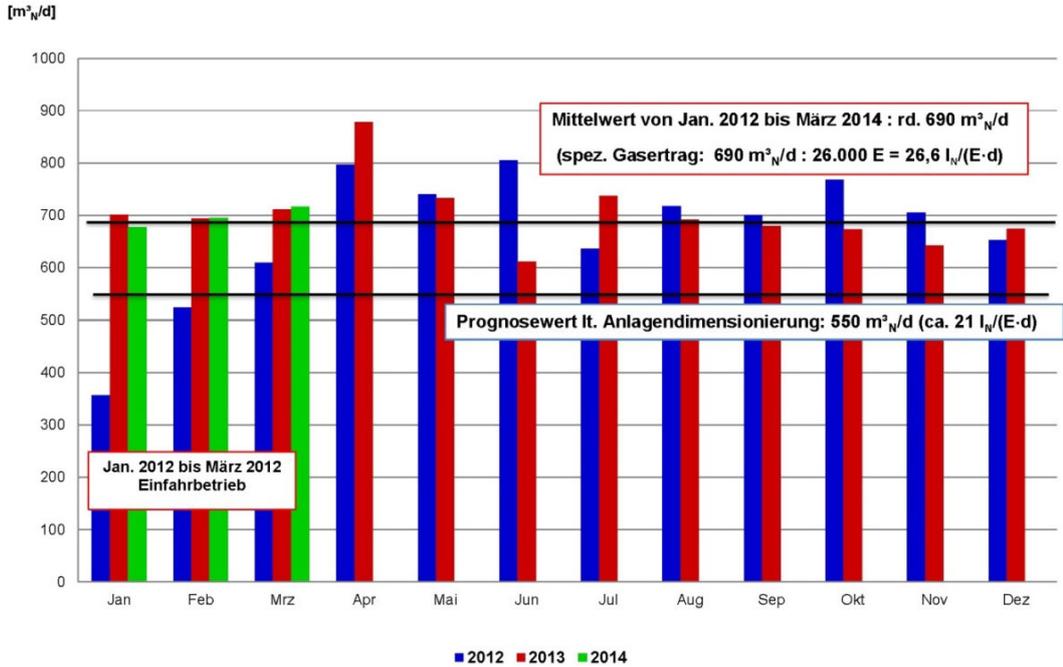


Bild 31: Tagesmittelwerte der Gasproduktion

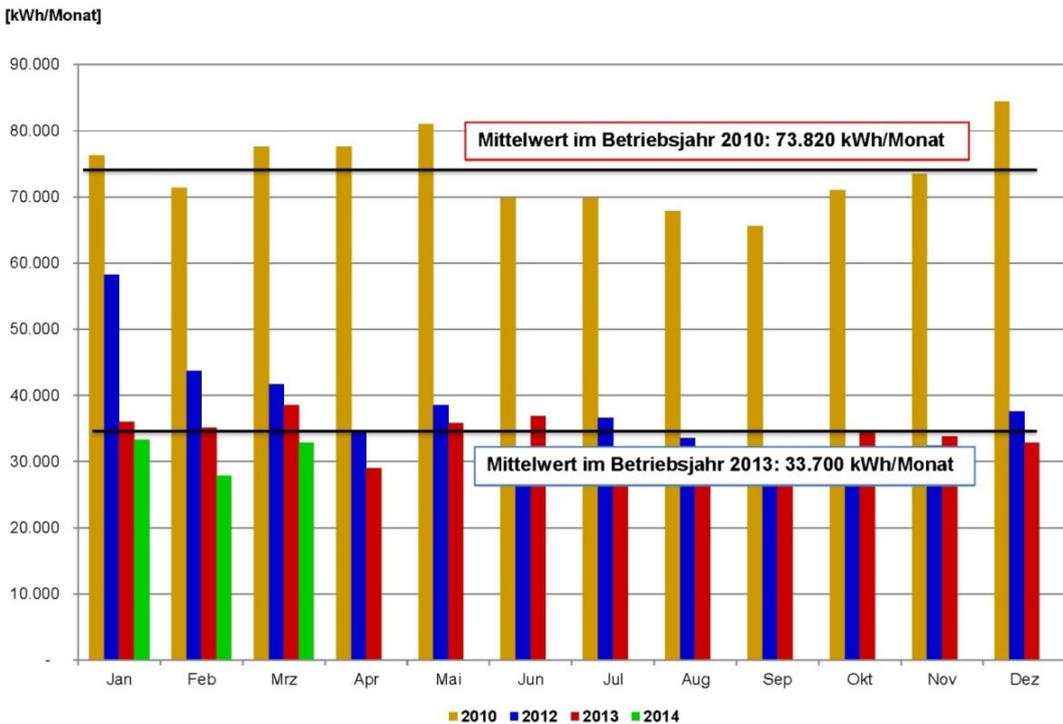


Bild 32: Vergleich des Stromfremdbezugs vor und nach der Systemumstellung

Stromfremdbezug

Im Vergleich zu 2010 konnte der Strombezug um ca. 40.000 kWh/Monat reduziert werden.

Klärschlammmenge

Der entwässerte Klärschlamm wird landwirtschaftlich verwertet. Die zu verwertende Klärschlammmasse betrug im Betriebsjahr 2010 im Monatsmittel ca. 272 Tonnen und im Betriebsjahr 2011 ca. 262 Tonnen.

Seit dem Systemwechsel beträgt die zu verwertende Klärschlammmasse im Mittel 176 Tonnen pro Monat, ist also um ca. 33 % geringer.

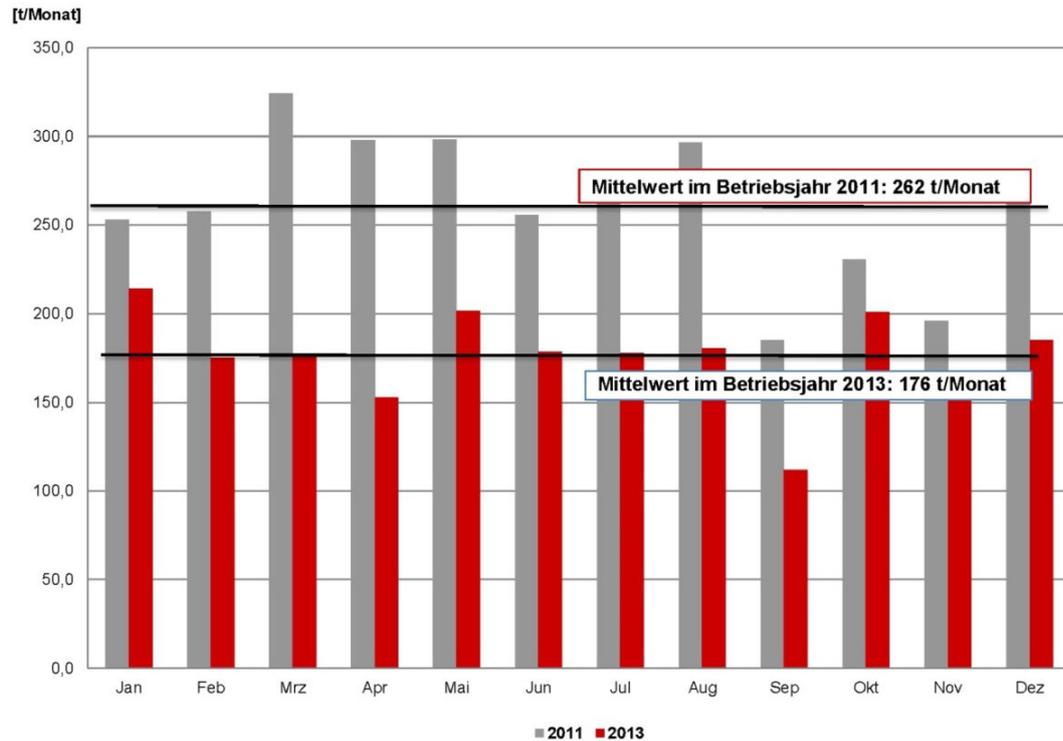


Bild 33: Vergleich der Klärschlammengen (entwässert) vor und nach der Systemumstellung

A.3 Fallbeispiel 3: Interkommunale Zusammenarbeit durch Zentralisierung der Schlammbehandlung

Ausgangssituation

Das Abwasser der Verbandsgemeinde Selters wurde dezentral gesammelt und behandelt. Neben drei mechanisch-biologischen Kläranlagen wurden im Verbandsgemeindegebiet weitere drei Teichkläranlagen betrieben.

Die zwischen 1983 und 1991 gebauten Teichkläranlagen sind bauartbedingt betrieblich problematisch. Konzentrationsschwankungen und Mengenstöße im Zulauf können durch das große Teichvolumen zwar abgepuffert, aber nicht vollständig ausgeglichen werden. Mit steigender Zulaufkonzentration (insbesondere bei Trockenwetter) wird der Abfluss qualitativ schlechter. Die Überwachungswerte können nicht sicher eingehalten werden.

Aus diesem Grund wurden die Teichkläranlagen Weidenhahn-Ewighausen, Quirnbach-Vielbach (VG Selters) und Helferskirchen (VG Wirges) stillgelegt und diese Ortsteile an die Kläranlage Selters angeschlossen.

Der benachbarte Zweckverband Abwassergruppe Holzbach betreibt in der Verbandsgemeinde Dierdorf die Kläranlage Wienau (10.000 EW). Diese Anlage war hydraulisch überlastet. Eine Erneuerung der Maschinen- und Elektrotechnik war ohnehin notwendig.

Die Kommunen und ihre Planer erkannten frühzeitig, dass eine zentrale Lösung für alle Beteiligten vorteilhaft sein könnte.

Folgende Planungsgrundsätze wurden zunächst definiert:

- Gesamtbetrachtung der Abwasser- und Klärschlammbehandlung zur Optimierung des Gesamtkonzeptes unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten,
- Steigerung der Energieeffizienz durch
 - Energieeinsparungen auf den Anlagen und
 - Eigenstromerzeugung durch Faulgasverwertung,
- Verminderung der zu verwertenden Klärschlammmenge.

Folgende Varianten wurden untersucht:

- Erneuerung und Optimierung der bestehenden Anlagen unter Beibehaltung der dezentralen Entsorgungsstruktur,
- Zentralisierung der Abwasserbehandlung und Erweiterung der bestehenden Hauptkläranlagen Selters und Wienau,
- Zentralisierung der Abwasserbehandlung und Errichtung einer semizentralen Klärschlammbehandlungsanlage auf der Kläranlage Selters.

Kostenvergleichsrechnungen zeigten, dass die dritte Option die wirtschaftlichste ist.

Umsetzung der Maßnahme

Die Abwasserbehandlung auf der Kläranlage Selters erfolgte nach dem Verfahren der gemeinsamen aeroben Stabilisierung. Die Ausbaugröße war 8.500 E (angeschlossen: 7.000 E). Durch Umstellung der Verfahrensführung auf Schlammfäulung erhöhte sich die Ausbaugröße wasserseitig auf 11.500 E, sodass die stillgelegten Teichkläranlagen an die Kläranlage Selters angeschlossen werden konnte.

Das Konzept ist in Bild 34 dargestellt.

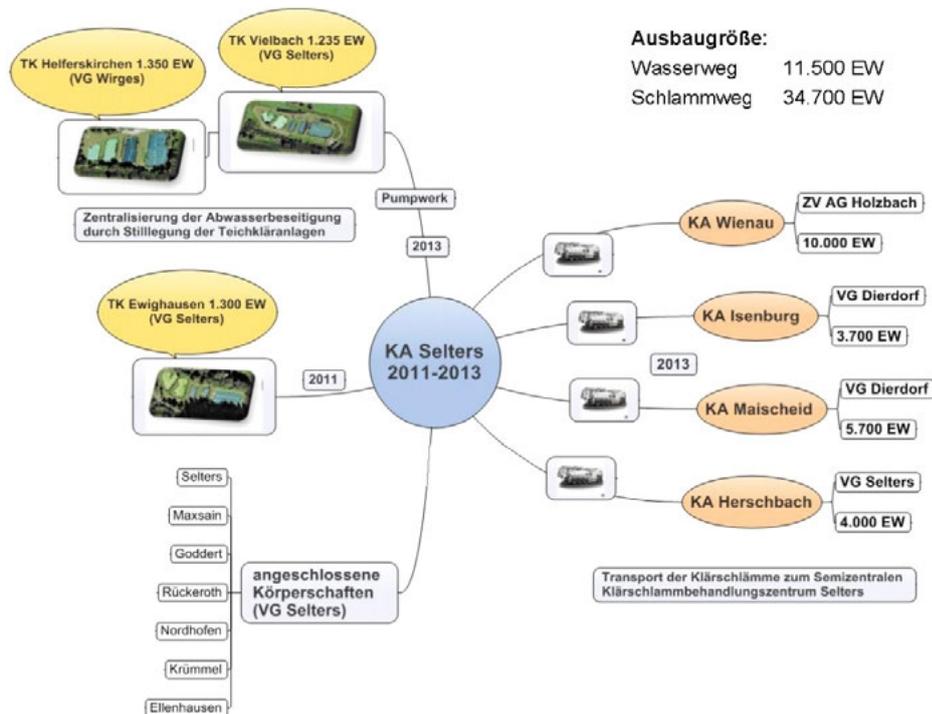


Bild 34: Semizentrale Klärschlammbehandlung auf der Kläranlage Selters

Voraussetzung für eine getrennte Schlammstabilisierung mittels Schlammfäulung war der Neubau einer Vorklärung und eines Zwischenpumpwerkes. Weil durch die Vorklärung die BSB-Fracht zur Belebungsanlage um ca. 25 % vermindert wird und das Schlammalter in der Belebung von mehr als 25 d auf ca. 15 Tage vermindert werden kann, reicht das vorhandene Belebungsbeckenvolumen aus, um das zusätzliche Abwasser der Teichkläranlagen zu behandeln. Es ist sogar noch ausreichend Kapazität vorhanden, um das bei einer Mitfäulung der Fremdschlämme zusätzlich anfallende Schlammwasser mitzubehandeln, wenn das Schlammwasser gesteuert zugeführt wird.

Die neue zweistufige Kompaktfäulungsanlage hat eine Ausbaugröße von 34.700 E. Neben dem Schlamm der Kläranlage Selters werden darin auch die Schlämme der benachbarten Kläranlagen Wienau, Herschbach, Isenburg und Maischeid ausgefäult und anschließend entwässert. Die maschinell voreingedickten Rohschlämme werden per Lkw zur Kläranlage Selters transportiert. Ein Teil des Schlammwassers wird bei der Rückfahrt zur Kläranlage Wienau verbracht und hier mitbehandelt.

Die Überschussschlämme der Satellitenanlagen und der auf der Kläranlage Selters anfallende Überschussschlamm werden jeweils vor Ort maschinell auf ca. 6 % voreingedickt. In einem Vorlagebehälter werden der Primär- und voreingedickte Überschussschlamm der Kläranlage Selters sowie die angelieferten Fremdschlämme vor Zugabe in den Faulbehälter zwischengestapelt und homogenisiert.

Das anfallende Faulgas wird in einem BHKW mit einer elektrischen Leistung von 50 kW verstromt. Die hierbei entstehende Wärme wird zur Beheizung des Faulbehälters sowie des Betriebsgebäudes genutzt.

Durch diesen Systemwechsel wird auf den Kläranlagen eine Stromeinsparung von insgesamt ca. 200.000 kWh/a erwartet. Hinzu kommt eine prognostizierte Eigenstromproduktion in Höhe von ca. 400.000 kWh/a.

Im September 2013 wurde die zweistufige Kompaktfäulungsanlage auf der Kläranlage Selters in Betrieb genommen.

Schlammfaulung oder gemeinsame aerobe Stabilisierung

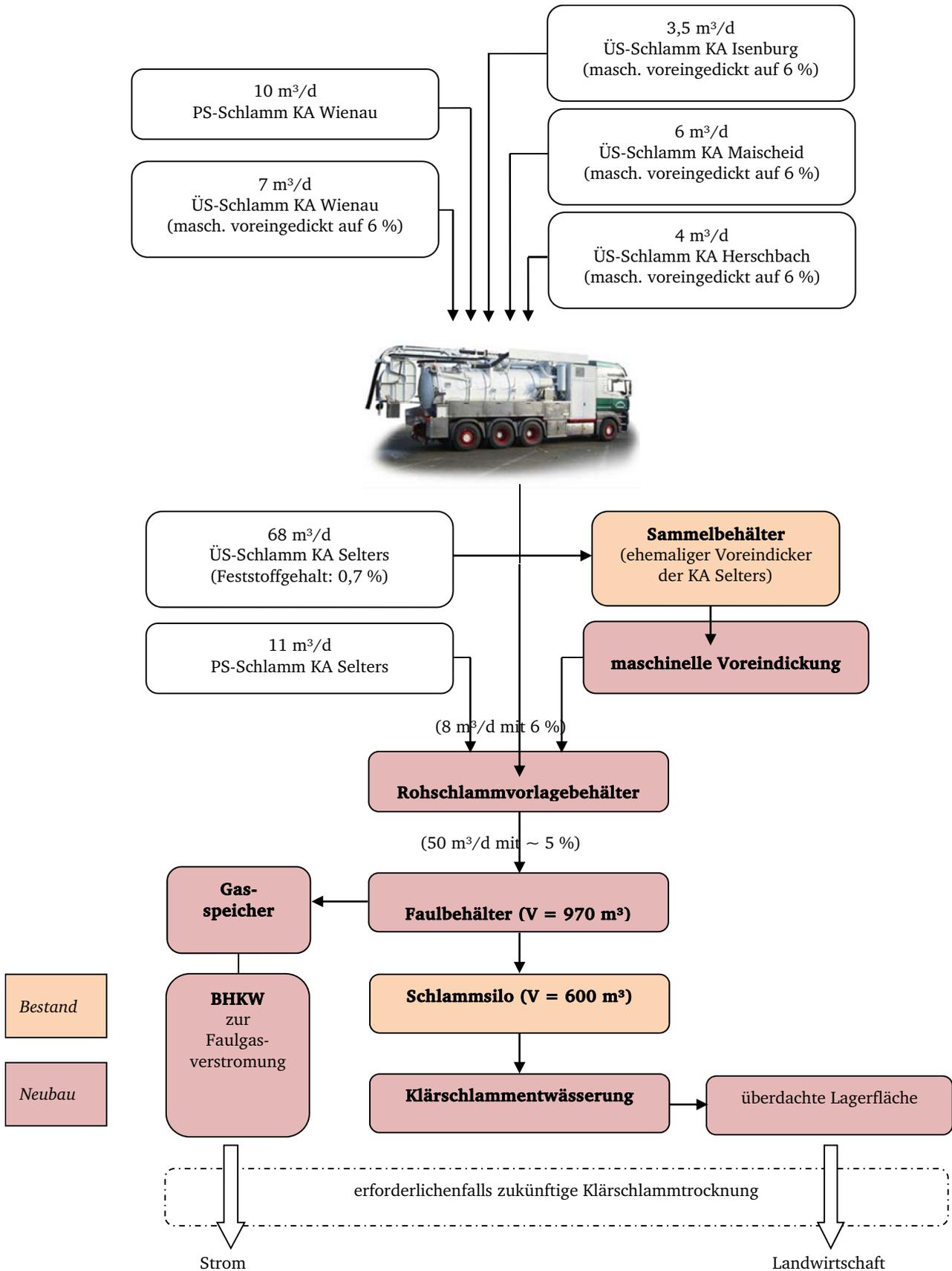


Bild 35: Verfahrensschema der Klärschlammbehandlung auf der KA Selters



Bild 36: Kläranlage Selters

Rechtliche Wertung

Im Merkblatt DWA-M 369 wird der für eine semizentrale Schlammbehandlung zutreffende Grenzbereich zwischen Abfallrecht und Wasserrecht wie folgt dargestellt:

„Abwasserinhaltsstoffe sind grundsätzlich so lange Abwasser, wie sie einer Abwasserbeseitigung zugänglich sind. Sie unterliegen so lange nicht dem Abfallrecht, wie sie in der Kanalisation oder der Abwasserbehandlungsanlage verbleiben.

Aus der Kanalisation oder der Abwasserbehandlungsanlage entnommene Stoffe sind ab ihrer Entnahme grundsätzlich Abfall, und zwar unabhängig davon, ob die Entnahme zum Zwecke einer weiteren abwassertechnischen Behandlung oder zum Zwecke der abfalltechnischen Verwertung oder Beseitigung erfolgt.

Wenn Abfälle aus der Kanalisation und der Abwasserbehandlung, z. B. Kanalspülgut und Fäkalschlamm, nach der Entnahme und dem Transport wieder einer Abwasserbehandlungsanlage zugeführt werden, werden sie wieder zu Abwasser und unterliegen nicht mehr den abfallrechtlichen Bestimmungen.

Verlässt demnach Klärschlamm eine abwassertechnische Anlage, unterliegt er nicht mehr dem Wasserrecht, sondern dem Abfallrecht. Mit der Einbringung in eine andere Kläranlage sind für den Klärschlamm dann wieder die wasserrechtlichen Bestimmungen bindend. Gleiches gilt für das Schlammwasser.“

Ausblick

Die semizentrale Klärschlammbehandlung wird zukünftig an Bedeutung gewinnen. Dies gilt sowohl für die Nutzung freier Kapazitäten in bestehenden Faulbehältern als auch für den Neubau von Faulbehältern, die mit steigender Ausbaugröße wirtschaftlicher werden.

Durch einen Systemwechsel von der gemeinsamen aeroben Stabilisierung zur Schlammfäulung können gleichzeitig wasserseitig die Kapazitäten von Kläranlagen vergrößert werden.

Steigende Energie- und Klärschlammbehandlungs-kosten werden diese Entwicklung verstärken.

Die interkommunale Zusammenarbeit der Verbandsgemeinden Selters, Dierdorf und Wirges wurde vom Land Rheinland-Pfalz begrüßt und finanziell gefördert.

A.4 Fallbeispiel 4: Sanierung und Erweiterung der Kläranlage Steinfeld-Hausen auf eine neue Ausbaugröße von 3 500 EW mit Systemwechsel

Ausgangssituation

Die Kläranlage Steinfeld-Hausen wird von der Gemeinde Steinfeld, Mitglied der Verwaltungsgemeinschaft Lohr am Main im unterfränkischen Landkreis Main-Spessart, betrieben. Die ursprüngliche Anlage wurde 1974 als einstufige Belebungsanlage mit Kombinationsbecken für ca. 2.800 Einwohnerwerte erbaut.

Zum Zeitpunkt der Neubeantragung der Einleitgenehmigung (2009-2012) stellte sich heraus, dass die Reinigungsleistung der Anlage für die notwendige Ausbaugröße nach Anschluss eines weiteren Ortsteiles nicht mehr ausreichend gewesen wäre. Eine Erweiterung der Kläranlage auf 3.500 EW wurde erforderlich. Die Bau- und Maschinenteknik waren sanierungsbedürftig. Auch die Klärschlammbehandlung war nicht mehr zeitgemäß, der nicht ausreichend stabilisierter Schlamm wurde in Schlammbehältern gelagert und landwirtschaftlich verwertet.

Der Gemeinderat der Gemeinde Steinfeld wünschte den Bau einer energieeffizienten Kläranlage mit einem möglichst großen Anteil Eigenstromproduktion. Nach Prüfung mehrerer Varianten entschloss sich der Gemeinderat für den Umbau der Kombinations-Anlage und den Systemwechsel zur anaeroben Schlammstabilisierung. Ein Ausbau der aeroben Stabilisierungsanlage hätte den Neubau eines weiteren Belebungs- und Nachklärbeckens erfordert.

Verfahrenswahl

Die Kläranlage wurde zu einer einstufigen Belebungsanlage mit Stickstoff- und Phosphorelimination für eine Ausbaugröße von 3.500 EW umgebaut.

Bild 1 zeigt die Verfahrensstufen.

Schlammfaulung oder gemeinsame aerobe Stabilisierung

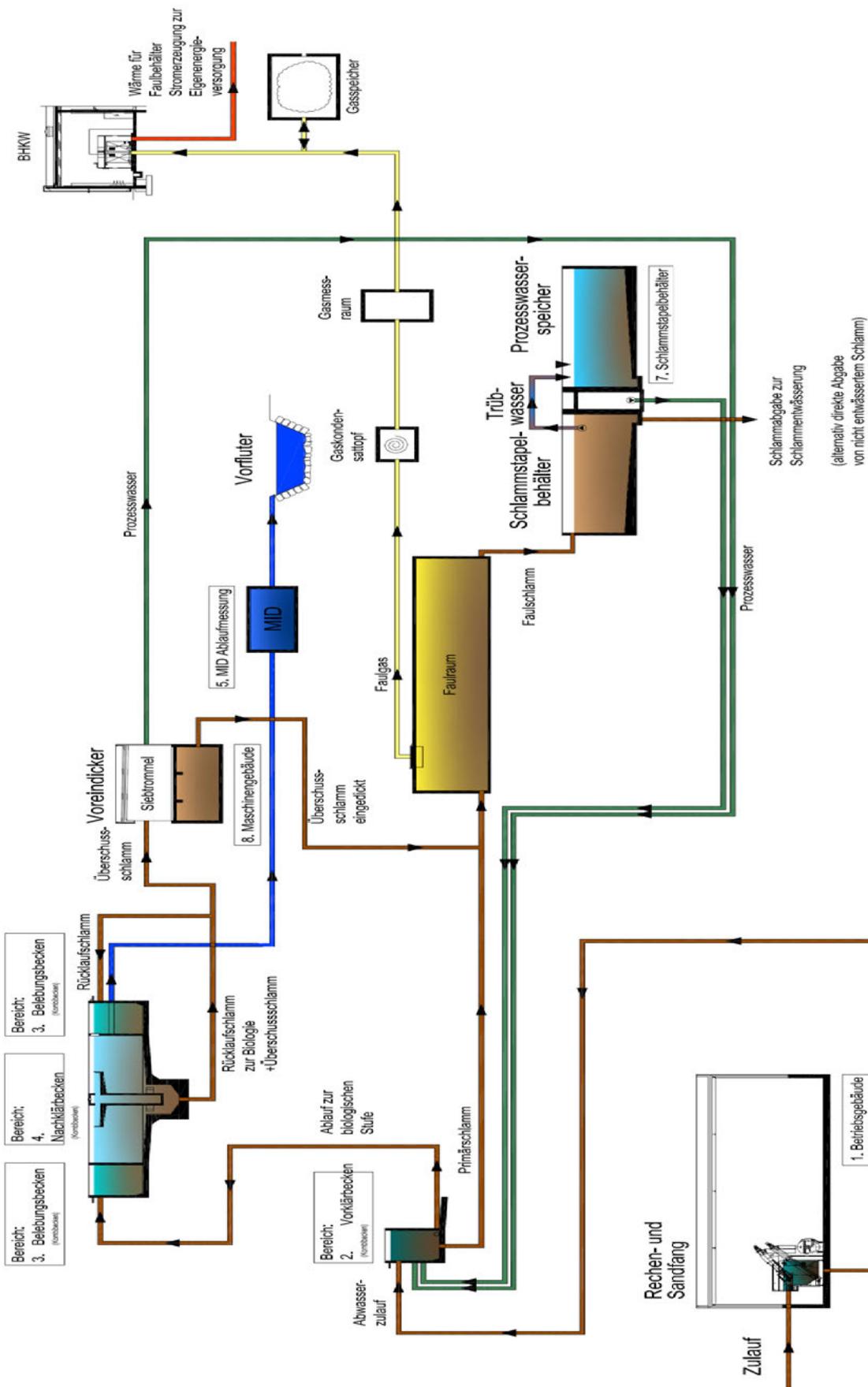


Bild 1: Verfahrensschema der KA Steinfeld-Hausen nach dem Umbau

Baumaßnahmen

Es waren die folgenden Umbau- / Neubaumaßnahmen erforderlich:

- Neubau eines Betriebsgebäudes mit
 - Sandfang, Rechen
 - Sozialräumen, Labor
 - Schaltwarte, Werkstatt
- Umbau des Kombinationsbeckens:
 - Abtrennung einer Vorklärung (54 m³)
 - Sanierung des Bauwerkes und Erneuerung der Maschinenteknik
 - Ausrüstung des Belebungsbeckens (748 m³)
 - Sanierung des Nachklärbeckens (Ø: 15 m, Wassertiefe bei 2/3 des Fließwegs 4,15 m)
- Errichtung einer einstufigen modularen Kompaktfäulung
 - Faulbehälter (114 m³)
 - Gasspeicher (47 m³)
 - BHKW (8-20 KW elektr.)
- Neubau von Speicherbehältern für Schlamm und Schlammwasser (2 x 250 m³)
- Umbau des Betriebsgebäudes zum Maschinengebäude mit
 - maschineller Schlammeindickung (Trommelsieb)
 - Elektroraum
 - Pumpenraum für Primär-, Rücklauf- und ÜS-Schlamm-pumpen
 - Gebläsestation für die Belüftung
 - Fällmitteldosierung für die Phosphatfällung
- Neubau einer Ablaufmessung mittels MID
- Ausrüstung der Gebäudedächer mit einer Photovoltaikanlage (15 kW_{max})

Bild 2 zeigt den Lageplan: Neubauten in rot, Sanierungs-/Umbaumaßnahmen in braun

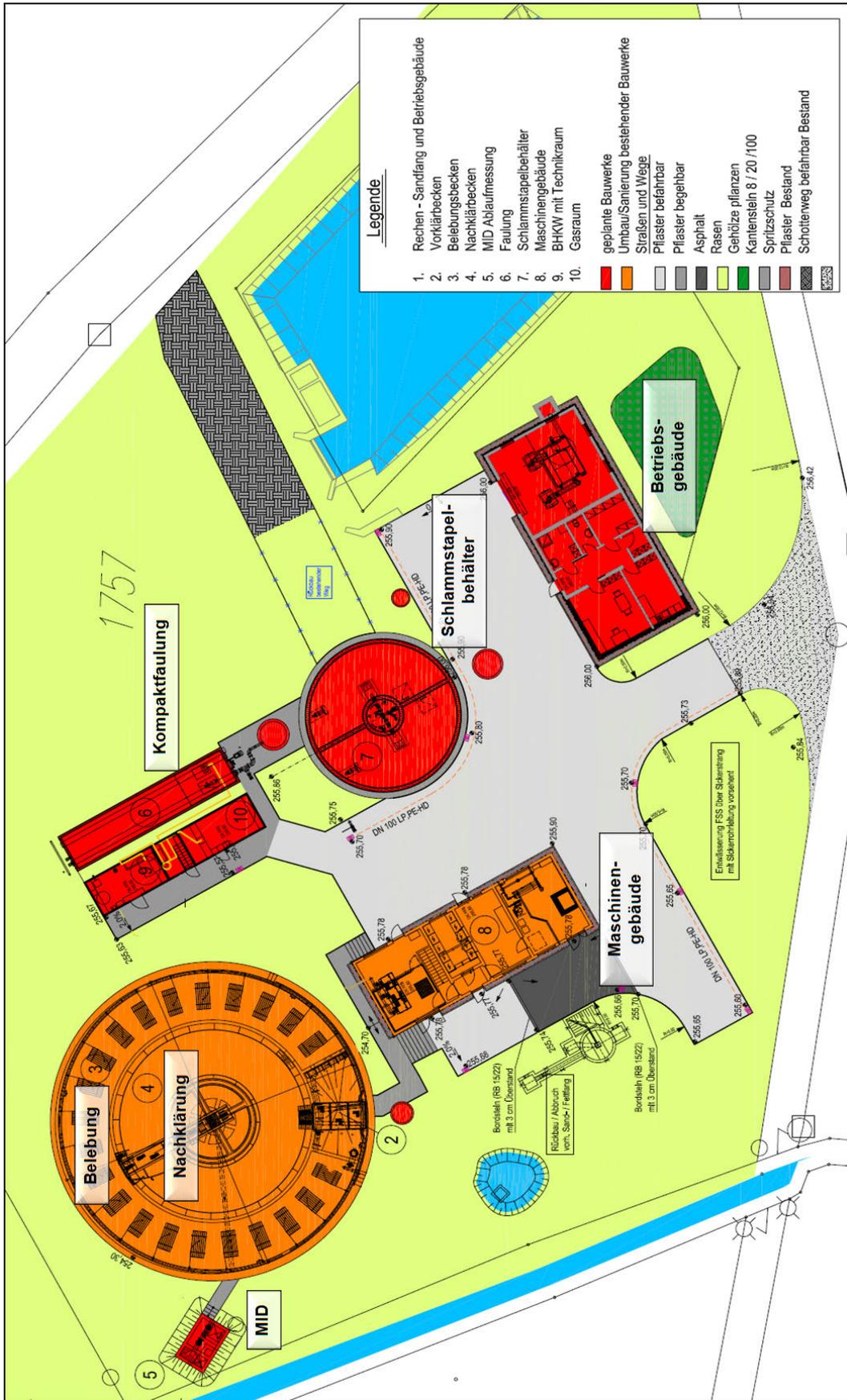


Bild 2: Lageplan der KA Steinfeld-Hausen nach dem Umbau

Umbau des vorhandenen Kombinationsbeckens

Die Reinigungskapazität der Kläranlage wurde durch die Abtrennung einer kleinen Vorklärung im Kombinationsbecken und den Systemwechsel zur anaeroben Schlammstabilisierung erhöht.

Die Verweilzeit in der neuen Vorklärung beträgt bei Trockenwetter etwa eine Stunde. Dadurch wird die BSB₅-Fracht der Belebung um ca. 25% verringert und damit reicht die Kapazität für die Reinigungsziele Abbau organischer Kohlenstoffe, Nitrifikation und Denitrifikation aus.

Als Verfahren zur Stickstoffelimination wurde eine intermittierende Belüftung gewählt. Die Phosphorelimination durch Simultanfällung dient zur Verbesserung der Schlammeigenschaften und Verringerung der Abwasserabgabe. Auf eine Erweiterung des Belebungsbeckens konnte aufgrund der Systemumstellung verzichtet werden.

Die einstufige modulare Kompaktfäulung

Zur anaeroben Schlammstabilisierung wurde eine einstufige modulare Kompaktfäulung mit integriertem Gasbehälter und BHKW aufgestellt (siehe Bild 3).



Bild 3: Einstufige modulare Kompaktfäulung der KA Steinfeld-Hausen

Die Kompaktanlage besteht aus mehreren Modulen, die für die spezifischen Anforderungen der Kläranlage Steinfeld-Hausen zusammengestellt wurden.



Bild 4: Graphische Darstellung der einstufigen modularen Kompaktfaulung

Faulbehälter

Der wärmeisolierte Faulbehälter hat die folgenden Maße: Breite 3,00 m, Höhe 3,30 m und Länge 14,00 m. Der Behälter ist so konzipiert, dass Klärschlämme mit bis zu 10% TR behandelt werden können. Er wurde deshalb mit zwei Rührwerken ausgestattet. Ein vertikal angeordnetes Tauchmotorrührwerk befindet sich unterhalb des Servicedeckels und kann ohne Betriebsunterbrechung herausgezogen werden. Das zweite Rührwerk ist horizontal angebracht und hat einen außenliegenden Motor. Über eine Kurbel lässt sich seine Neigung verstellen und es dient so wahlweise zur Durchmischung oder Auflösung einer Schwimmschlammdecke. Die Beheizung des Faulbehälters erfolgt über eine Wandheizung. Die Wärme wird vom BHKW geliefert.

Der Faulschlamm fließt über einen höhenverstellbaren Überlauf zum Schlammspeicher.

Durch ein im Servicedeckel angeordnetes Sichtfenster ist der Schlammpegel sichtbar.

Gasspeicher und Gasraum

Faulgas wird in einem drucklosen Kissenpeicher mit Füllstandsüberwachung gespeichert.

Im separaten Gasraum sind eine Gaskühlstrecke, ein Kondensatabscheider und ein Gasfilter angeordnet.

Maschinenraum

Im Maschinenraum sind Blockheizkraftwerk und ein Heizkessel, der mit einem kombinierten Brenner für Erdgas/Flüssiggas/Faulgas (Biogas) ausgestattet ist und zugleich als Fackelersatz dient, aufgestellt.

Der Gasmotor des BHKW ist drehzahlmoduliert und hat deshalb einen elektrischen Wirkungsgrad, der zwischen Vollast und 28%-iger Last annähernd konstant bleibt.

Kosten

Investition

Tabelle 1: Investition für den Umbau der KA Steinfeld-Hausen

Investition für den Aus- und Umbau der KA	brutto
Betriebsgebäude	553.000 €
MID Ablaufschacht	52.000 €
Maschinengebäude	467.000 €
Kombibecken	527.000 €
Leitungen	128.000 €
Außenanlagen	161.000 €
Auftragserweiterung	41.000 €
PV Anlage	47.000 €
Prov. SBR	57.000 €
Zwischensumme	2.033.000 €
Investition für die neue Schlammbehandlung	
Schlammstapelbehälter	351.000 €
Eindick-Maschine	57.000 €
Faulbehälter	248.000 €
Faulgasanlage	92.000 €
Zwischensumme Schlammbehandlung	748.000 €

Die Investition für den Systemwechsel zu einer Anlage mit Schlammfäulung ist vergleichbar mit der Investition für den Ausbau der vorhandenen Anlage mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung.

Betriebskosten

Tabelle 2: Betriebskosten nach Systemwechsel

Betriebskosten	
Personal	46.100 €/a
Entsorgung	10.100 €/a
Flockungsmittel	780 €/a
Energie (ohne Photovoltaik)	5.074 €/a
Gesamte Betriebskosten	62.054 €/a

Personalaufwand

Der Personalbedarf der Kläranlage Steinfeld-Hausen ist seit der umfangreichen Prozessautomation geringer als auf Anlagen vergleichbarer Größe.

Energiekosten

Durch den Systemwechsel konnte der Gesamtenergiebedarf der Kläranlage wesentlich reduziert werden.

Bei der Planung waren noch 10.440 €/a Energiekosten angesetzt worden (Anschlusskosten, Erdgasverbrauch, 88.500 kWh/a Fremdstrombedarf nach Abzug der Eigenstromerzeugung aus Faulgas).

Im laufenden Betrieb zeigte sich, dass der tatsächliche Gesamtstrombedarf mit 62.600 kWh/a etwa die Hälfte desjenigen vor dem Umbau ist.

Nach Abzug der Stromerzeugung aus Faulgas liegt der Fremdstrombedarf bei ca. 43.000 kWh/a, was ca. 34 % des Bedarfes vor dem Umbau entspricht.

Berücksichtigt man zusätzlich die Eigenstromerzeugung aus Photovoltaik, so beträgt der Fremdstrombedarf nur ca. 23.300 kWh/a im Jahresdurchschnitt 2014-2016 und damit ca. 18 % des ursprünglichen Bedarfes.

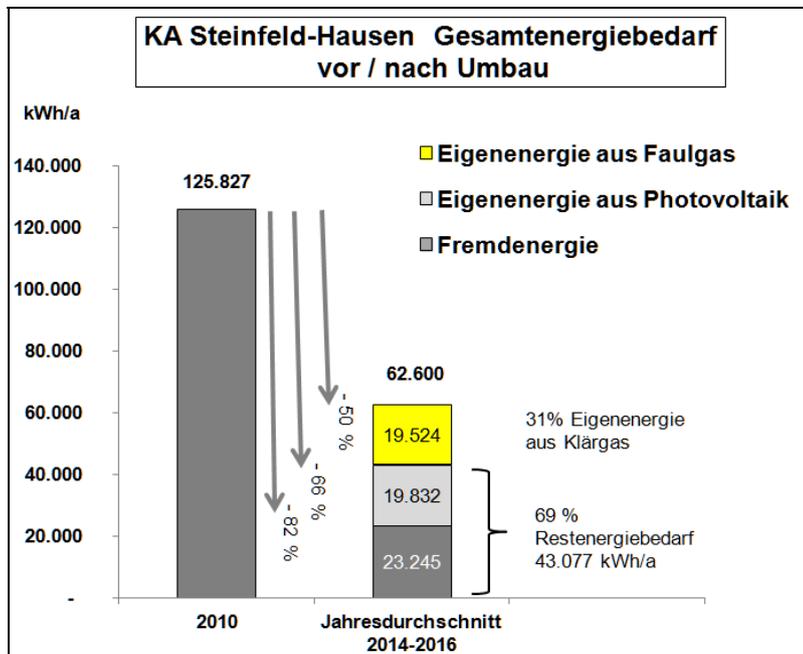


Bild 5: Energiebedarf vor und nach dem Umbau der KA Steinfeld-Hausen

Als Gründe für die Verminderung des Gesamtstrombedarfes und des Fremdstrombedarfes sind zu nennen:

1. Durch Umstellung des Verfahrens auf Schlammfaulung verminderter Strombedarf für die Belüftung der Belebungsanlage (geringeres Schlammalter) ,
2. Prozessleitsystem mit Ammonium- und Nitrat-Regelung der Gebläse
3. Einsparung des Zulaufpumpwerks
4. Eigenstromerzeugung durch Faulgasverwertung im Blockheizkraftwerk
5. Eigenstromerzeugung durch Photovoltaikanlage

Der einwohnerspezifische jährliche Strombedarf beträgt:

23 kWh/(EW*a)

Nach Abzug der Eigenstromerzeugung aus Faulgas beträgt der Fremdstrombedarf:

15,7 kWh/(EW*a)

Und nach weiterem Abzug der Eigenstromerzeugung der Photovoltaikanlage beträgt der Fremdstrombedarf:

8 kWh/(EW*a)

Kosten der Klärschlammverwertung

Die Entsorgungskosten sind bei der Variante Fäulung geringer als bei der aeroben Schlammstabilisierung. Etwa 30 % der Trockenmasse wird in der Fäulung abgebaut. Hierdurch werden die Entsorgungskosten entsprechend um ca. 30% auf 10.100 €/a gesenkt. In Vergleich dazu würde die Entsorgung von aeroben stabilisiertem Schlamm ca. 12.100 €/a kosten.

Im laufenden Betrieb fallen nach der Erfahrung der ersten Betriebsjahre ca. 550 m³/a Faulschlamm zur Verwertung an.

Ein weiterer Vorteil der anaeroben Stabilisierung liegt darin, dass ausgefäulte Schlämme besser entwässerbar sind, so dass die entwässerte Schlammmasse relativ noch geringer wäre. Das wäre von Bedeutung, falls der Klärschlamm thermisch entsorgt werden müsste.

Betriebsmittelkosten

Die Flockungsmittelkosten für die maschinelle Voreindickung des Überschussschlammes liegen bei ca. 780 €/a. Die maschinelle Voreindickung des Überschussschlammes vor seiner Zugabe in einen Faulbehälter ist zur Volumenreduktion erforderlich.

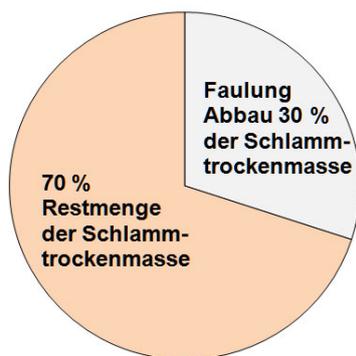


Bild 6: Trockenmasse vor und nach Fäulung

Entwicklung der Eigenstromerzeugung

Die Kläranlage Steinfeld-Hausen wurde nach ihrem Umbau am 24.4.2014 wieder in Betrieb genommen.

Bild 7 zeigt die Anteile der Eigenstromerzeugung durch Faulgasverstromung und Photovoltaik vom Mai 2014 bis zum Juli 2016. Nach einer Anfangsphase stabilisierte sich der monatliche Eigenstromanteil aus der Klärgasverstromung auf ca. 31% und der Anteil aus der Photovoltaikanlage auf ca. 32 % des Gesamtstrombedarfes.

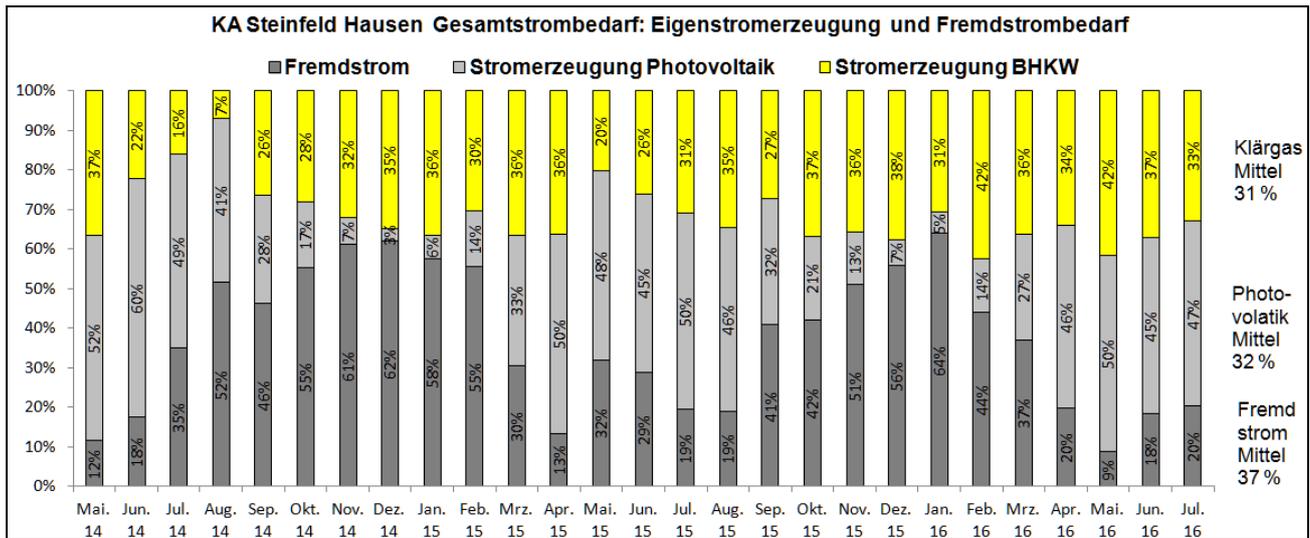


Bild 7: Eigenstromerzeugung nach dem Umbau

Fazit

Das dargestellte Beispiel zeigt, dass es auch für relativ kleine Kläranlagen möglich und sinnvoll sein kann, einen Systemwechsel vorzunehmen.

Bild und Datenquelle:

BaurConsultIngenieure
 Dipl.-Ing. Matthias Kraft
 Bahnhofstraße 21 -23
 91257 Pegnitz
 Tel: 09241 -985 32

BEU-Systeme GmbH
 Edwin Bailer
 Rathausplatz 16
 72172 Sulz
 Tel 07454 9819010

Biologische Stabilisierung von Klärschlamm



Juni 2014, 58 Seiten, DIN A4, ISBN 978-3-944328-60-7
(auch als E-Book im PDF-Format zum gleichen Preis erhältlich)

78,00 €/62,40^{*)}

Die Stabilisierung von Klärschlämmen ist die wichtigste Grundoperation der gesamten Klärschlammbehandlung. Diese biologischen Verfahren haben sich weltweit als die am meisten verbreitete Prozessart zur Klärschlammstabilisierung durchgesetzt.

Neben einer informativen Erläuterung der wichtigsten biochemischen Grundlagen, erhalten Sie neue praxisorientierte Empfehlungen für die Bemessung und den Betrieb von Anlagen zur biologischen Klärschlammstabilisierung entsprechend dem aktuellen Stand der Technik.

Zusätzlich werden die neuen Entwicklungen, wie die Bestrebungen zur weitergehenden Verringerung des Stabilisierungsvolumens oder die Einflüsse einer Klärschlamm-desintegration kritisch betrachtet. Abschließend werden Ihnen wichtige Hinweise zu hygienischen Aspekten und den alternativen Einsatzbereichen der wichtigsten Varianten der biologischen Klärschlammstabilisierung erläutert.

Zielgruppe:

- Planer und Anlagenbetreiber

Preise inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

*) Preis für fördernde DWA-Mitglieder

Weitere Informationen finden Sie unter:
www.dwa.de/shop



Fax-Antwort: 02242 872-100

Absender

Ja, wir bestellen das Merkblatt DWA-M 368

gegen Rechnung per Kreditkarte: Visa Mastercard

Name/Vorname

Firma

Straße

Postleitzahl/Stadt/Land

DWA-Mitgliedsnummer

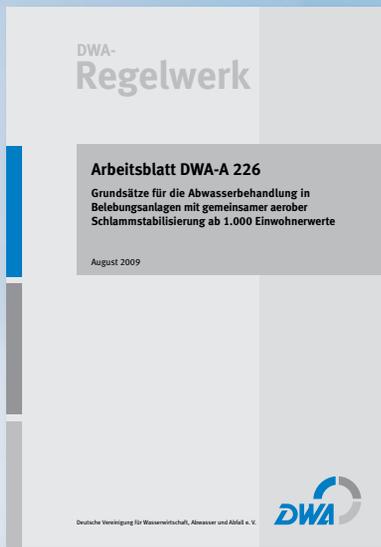
E-Mail (freiwillig)

Datum/Unterschrift

Ja, ich willige ein, künftig Informationen der DWA/GFA per E-Mail zu erhalten.

DWA
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V.
Kundenzentrum
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef

Grundsätze für die Abwasserbehandlung in Belebungsanlagen mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung ab 1.000 Einwohnerwerte



August 2009, 28 Seiten, DIN A4, ISBN 978-3-941089-81-5
(auch als E-Book im PDF-Format zum gleichen Preis erhältlich)

32,00 €/25,60^{*)}

Das Arbeitsblatt enthält Baugrundsätze, Bemessungsanforderungen und Betriebshinweise für kleine Belebungsanlagen mit aerober Schlammstabilisierung. Die Bemessungsbeispiele im Anhang verdeutlichen die Berechnungsansätze.

Es wird auf die Besonderheiten bei Bau, Bemessung und Betrieb einstufiger Belebungsanlagen mit kleinen Ausbaugrößen (EW < 5.000 E) eingegangen. Die Regelungen des Arbeitsblattes sind bewusst einfach und übersichtlich gehalten. Da bei kleinen Kläranlagen Belastungsschwankungen stärker ins Gewicht fallen, wird besonderes Wert auf einfache bauliche Gestaltung und robuste maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung sowie einfachen Betrieb gelegt.

Darüber hinaus werden die Bemessung des Belebungsbeckenvolumens auf Basis der ermittelten Überschussschlammproduktion, des vorgegebenen Schlammalters und des Trockensubstanzgehaltes im Belebungsbecken beschrieben.

Abgerundet werden die Inhalte mit einem vereinfachten Ansatz zur Bemessung der Nachklärung. Grundlage der Bemessung bilden der maximale Zufluss bei Regenwetter, der Schlammindex und der Trockensubstanzgehalt im Rücklaufschlamm.

Preise inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

*) Preis für fördernde DWA-Mitglieder

Weitere Informationen finden Sie unter: www.dwa.de/shop



Fax-Antwort: 02242 872-100

Absender

Ja, wir bestellen das Arbeitsblatt DWA-A 266

gegen Rechnung per Kreditkarte: Visa Mastercard

Name/Vorname

Firma

Straße

Postleitzahl/Stadt/Land

DWA-Mitgliedsnummer

E-Mail (freiwillig)

Datum/Unterschrift

Ja, ich willige ein, künftig Informationen der DWA/GFA per E-Mail zu erhalten.

DWA
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V.
Kundenzentrum
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef