



Gemeinde  
**Kinsau**

# Potenzialstudie

## „Klimafreundliche Trinkwasserversorgung für die Gemeinden Kinsau“

im Rahmen der „Nationalen Klimaschutzinitiative“ (NKI)  
des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

**Auftragnehmer:** Institut für angewandtes Stoffstrommanagement  
Campusallee 9926, 55768 Hoppstädten-Weiersbach

**Ersteller:** Marco Angilella, Richard Ermisch

**Datum:** 16.09.2022

**Auftraggeber:** Gemeinde Kinsau  
Kirchweg 4, 86981 Kinsau

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	1
2	Einleitung .....	3
2.1	Energieeffizienz und Energiemanagement .....	3
2.2	Einsparpotenziale und Energiebedarf in der Trinkwasserversorgung .....	3
2.3	Energieanalyse .....	5
2.4	Aufgabenstellung .....	6
3	Beschreibung des Ist- Zustand .....	6
3.1	Gemeinde Kinsau.....	6
3.2	Begehung der trinkwasserrelevanten Standorte .....	7
4	Gemeinde Kinsau.....	8
4.1	Quelle und Drucksteigerungspumpwerk Kinsau .....	8
4.2	Hochbehälter Kinsau .....	8
5	Fördermenge und Wasserverluste .....	8
6	Potenzialanalyse und Energie-/CO <sub>2</sub> -Bilanz der Wasserversorgung .....	11
6.1	Einleitung .....	11
6.2	Entwicklung des gesamten elektrischen Energiebedarfs der Wasserversorgung ...	12
6.3	Energie und CO <sub>2</sub> Bilanz.....	13
6.3.1	Quelle und Pumpstation Kinsau .....	13
6.3.2	Kinsau Hochbehälter .....	14
6.3.3	Zusammenfassung der Energie- und CO <sub>2</sub> Bilanz .....	14
7	Potenzialanalyse, Maßnahmenkatalog und Kosten-Nutzen-Analyse .....	15
7.1	Einführung.....	15
7.2	Reduktion der Wasserverluste .....	16
7.3	Einsatz von PV zur Eigenstromerzeugung .....	18
7.3.1	Kinsau Variante 1 .....	19
7.3.2	Kinsau Variante zwei.....	21
7.4	Zusammenfassung der Maßnahmen .....	23

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Darstellung Wasserversorgungssystem Kinsau .....	7
Abbildung 2 Brunnen Kinsau .....	8
Abbildung 3 Hochbehälter Kinsau.....	8
Abbildung 4 Wasserverluststatistik .....	10
Abbildung 5 el. Energieverbrauch Kinsau .....	13
Abbildung 6 Strombedarfsverteilung Gemeinde Kinsau.....	15
Abbildung 7 Energietabelle nach (Plath, 2009).....	16
Abbildung 8 mögliche Wasserzähler Kinsau.....	18
Abbildung 9 Projektübersicht.....	19
Abbildung 10 Simulationsergebnisse.....	20
Abbildung 11 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	20
Abbildung 12 Projektübersicht.....	21
Abbildung 13 Simulationsergebnisse.....	22
Abbildung 14 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	22

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Wasserverluste Kinsau .....	9
Tabelle 2 Wasserverlustbereich nach DVGW M 392 (BLfU, 2018) .....	10
Tabelle 3 Verbraucher Kinsau Quelle und Pumpstation.....	13
Tabelle 4 Verbraucher Kinsau Hochbehälter und Druckerhöhungsanlage.....	14
Tabelle 5 Strombedarfsverteilung Kinsau .....	14
Tabelle 7 spez. Energieverbräuche .....	16
Tabelle 8 Reale und Zielwerte Wasserverluste.....	17
Tabelle 10 Maßnahmentabelle Kinsau .....	23

## Literaturverzeichnis

BLfU. (2018). *Wasserverluste in der öffentlichen Wasserversorgung Merkblatt Nr 1.8/2.*

DVGW-Information Wasser, N. 7. (2010). *Handbuch Energieeffizienz/Energieeinsparung in der Wasserversorgung.*

DVGW-Wasser Nr. 77. (2016). *Handbuch Energieeffizienz/Energieeinsparung in der Wasserversorgung.*

Energie in Abwasseranlagen Handbuch NRW. (2019). *Energie in Abwasseranlagen“ Handbuch für NRW. 2. Vollständige Fassung Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.*

Energie/wasser-praxis. (2015). *Studie der Europäischen Kommission über Wasserverluste in Rohrnetzen.* Von <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/sicherheit/wasser/ewp-wasserverlust-rohrnetz-eu-studie.pdf>. abgerufen

Plath, W. K. (2009). *Energieverbrauch der deutschen Wasserversorgung.*

Praxisleitfaden Klimaschutz in Kommunen (2018). (2018). *S. Service & Kompetenzzentrum Kommunaler Klimaschutz, Klimaschutz in Kommunen, 2018.*

Umweltbundesamt. (2019). <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/bilanz-2019-co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom>.

## 1 Zusammenfassung

Die Trinkwasserversorgung bildet zusammen mit der Abwasserreinigung die Hauptenergieverbraucher kommunaler Einrichtungen. Dabei ist elektrische Energie in allen Bereichen der Wasserversorgung notwendig. Beginnend bei der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung bis hin zur Wasserverteilung sind teilweise erhebliche elektrische Energiemengen erforderlich.

Die Gemeinde unterhält eine eigenständige Trinkwasserversorgung. Im Rahmen der nachfolgenden Studie wurden die zur Wasserversorgung relevanten Standorte der Gemeinden Kinsau begutachtet und energetisch bewertet. Durch die Ermittlung des elektrischen Energiebedarfs einzelner Aggregate wurde auf die Betriebssituation geschlossen. Die Daten ergaben in Kinsau einen elektrischen Energiebedarf von 48.200 kWh/a einhergehend mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 13.737 kgCO<sub>2</sub>/a. Die jährlichen Stromkosten betragen 9.480 Euro. Anhand der zur Verfügung gestellten elektrischen Energieverbräuche sowie wasserseitigen Betriebsdaten konnten spezifische Kenndaten zum elektrischen Energiebedarf ermittelt werden. Diese sind notwendig um verschiedene Einrichtungen zur Trinkwasserversorgung untereinander vergleichen und deren Werte mit optimalen Kenndaten in Relation zu setzen. Ausgehend von der vorliegenden Datenlage wurde für Kinsau ein spez. Energieverbrauch von 0,65 kWh/m<sup>3</sup> (Betriebsjahr 2019) ermittelt. In der Literatur werden spez. Verbräuche von 0,28 kWh/m<sup>3</sup> ohne Reinwasserförderung und 0,49 kWh/m<sup>3</sup> inklusive Reinwasserförderung im Median errechnet (Plath, 2009). Somit kann zunächst von einem mäßigen Einsparpotenzial ausgegangen werden. (s. Kapitel 6 und Kapitel 7)

Bei der weiteren Untersuchung wurde primär die vorhandene Pumpentechnik untersucht, mit dem Ziel, ineffektive Pumpen zu identifizieren und entsprechende Optimierungsmaßnahmen ableiten zu können (Pumpenaustausch, Ausstattung mit Frequenzumrichter). Allerdings zeigte sich an den jeweiligen Standorten auch hier ein geringes Optimierungspotenzial, da der überwiegende Anteil der Pumpen annähernd auf dem neusten Stand der Technik sind und über Frequenzumrichter verfügen. Um eine betriebsbedingte energetische Optimierung der vorhandenen Pumpen ermitteln zu können fehlt es an exakten Betriebsparametern. Demnach wird eine Nachrüstung von Manometern empfohlen, so dass reale Druckverhältnisse erfasst und bewertet und aus denen exakte Betriebsbedingungen der Pumpen ermittelt werden können.

Ein weiterer Handlungsansatz zur energetischen Optimierung der Trinkwasserversorgung findet sich in der Verringerung von Wasserverlusten im Versorgungsnetz. Da ebenso ungenutztes Trinkwasser mit entsprechendem Energieaufwand gefördert und transportiert

werden muss. Bei einem durchschnittlichen Wasserverlust von 16 % besteht hier großes Einsparpotential (s. Kapitel 8.4).

Die Untersuchung des Einsatzes von Photovoltaik zur Eigenstromerzeugung wurde im Rahmen der Studie ebenfalls durchgeführt. Ziel dabei ist es, einen möglichst hohen Eigennutzungsgrad zu generieren und die Strombezugskosten zu reduzieren. Es wurden Varianten mit PV auf den vorhandenen Dachflächen simuliert. In Kinsau mit Variante 1 (Dachflächen Brunnenstube Quellstollen) kann durch Installation einer PV-Anlage mit Investitionskosten von rund 8.288 € gerechnet werden. Dadurch ließen sich 1.437 kgCO<sub>2</sub> einsparen und 5.043 kWh/a Eigenstrom erzeugen. Bei Variante 2 (Dachflächen Hochbehälter) sind mit Investitionskosten von rund 16.872 € zu rechnen. Dadurch ließe sich 1.735 kgCO<sub>2</sub>/a einsparen und 6.053 kWh/a Eigenstrom erzeugen. Es ist jedoch zu beachten, dass dabei steuerbare Modifikationen durchgeführt werden müssen, um die PV-Energie überwiegend bei Tag nutzen zu können. Die detaillierten Simulationen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind in Anhang 1 und 2 dargestellt und in Kapitel 8 näher erläutert.

## 2 Einleitung

### 2.1 Energieeffizienz und Energiemanagement

Eine funktionierende Wasser- und Energieversorgung zählt zu den wichtigsten Aufgaben der Daseinsvorsorge, hierbei kommt der Wassernutzung allerdings eine übergeordnete Aufgabe zu, da dieses für die Produktion von Energie durch bspw. Wasserkraftanlagen etc. genutzt werden kann. Im Gegenzug muss für die Gewinnung und Verteilung des Trinkwassers sowie für die Ableitung und Behandlung des Abwassers eine erhebliche Menge Energie aufgebracht werden. Der Gesamtbedarf in der öffentlichen Wasserversorgung liegt laut Literatur (Plath, 2009) bei ca. 2.400 Mio. kWh pro Jahr. Im Mittel ergeben sich daraus 0,51 kWh/m<sup>3</sup>.

Zukünftig wird, durch einen steigenden Energiebedarf und die dafür notwendige Transformation der Energieerzeugung (Steigerung Anteil EE, Netzausbau), mit höheren Strompreisen zu rechnen sein.

Stellschrauben im Bereich der Energieeffizienz stellen sowohl die Erzeugung als auch die Nachfrageseite dar. Am Beispiel der Trinkwasserversorgung von Kommunen wäre bei gleichbleibendem Energieeinsatz eine höhere Trinkwasserförderung und -aufbereitung zu erzielen oder umgekehrt bei gleichbleibender Förderung und Aufbereitung ein geringerer Energieeinsatz notwendig, um die Energieeffizienz der Wasserversorgungseinheit zu steigern. Zum Erreichen der energiepolitischen Ziele der Bundesregierung wird die Steigerung der Energieeffizienz durch Energiemanagementsystemen, welche teilweise verpflichtend sind, unterstützt.

### 2.2 Einsparpotenziale und Energiebedarf in der Trinkwasserversorgung

Betreiber von Wasserversorgungsanlagen müssen sich in Zukunft immer stärker mit der Energiethematik auseinandersetzen, um in Zeiten steigender Energiekosten weiterhin wirtschaftlich agieren zu können. Zudem wird dadurch ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung geleistet. Der Hauptfokus der Versorgungssicherheit darf dabei nicht beeinträchtigt werden.

Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung in der Wasserversorgung sind vielschichtig und können wie folgt zusammengefasst werden (DVGW-Information Wasser, 2010):

- „Verringerung der Wasserverluste im Wasserverteilnetz bewirkt eine geringere Wasserförderung und -aufbereitung und führt damit zu einer direkten Energieeinsparung.“
- „Vergleichmäßigung der Fördermenge führt zu einer geringeren Spitzenlast. Weiterhin werden bei gleichmäßigem Betrieb die Fließgeschwindigkeiten gering, was zu geringeren Druckverlusten führt (Druckverluste steigen quadratisch mit der Strömungsgeschwindigkeit).“
- „Einhausung von offenen Filtern verringert den Energieeinsatz bei der Entfeuchtung.“
- „Beheizung der Brunnenstuben und die Entfeuchtung können eingespart werden, wenn die elektrischen Anlagen entsprechend geschützt werden.“
- „Brunnenalterung vorbeugen in dem Filterrohre einen möglichst geringen Widerstand aufweisen.“
- „Korrekte Brunnenanordnung: Bei einer zu engen Anordnung von Brunnen kommt es zu einer stärkeren Grundwasserspiegelabsenkung, was zu einem erhöhten Energiebedarf der Pumpen führt“.
- „Brunnenschaltung: Es sollten zunächst die Brunnen betrieben werden, die energetisch günstiger arbeiten. Auch ist zu prüfen, ob ein Energieeinsparpotenzial durch andere Wasserquellen (z.B. Uferfiltration oder künstliche Grundwasseranreicherung) vorliegt.“
- „Die Wahl der Hebeanlagen ist entscheidend für den Energiebedarf.“
- „Vergleich zwischen Horizontalfilter- und Vertikalfilterbrunnen kann zu einer Energieeinsparung führen.“
- „Die Wahl der Pumpenbauart entscheidet maßgeblich über die Effizienz der Förderung. So ist der Wirkungsgrad von Unterwassertauchmotorpumpen zwischen 4 – 10 % geringer als bei konventionellen trocken aufgestellten Kreiselpumpen.“
- „Der Einsatz von Rückschlagventilen erhöht den Druckverlust. Hier ist zu prüfen inwiefern diese erforderlich sind.“
- „In der Wasseraufbereitung ist je nach Anlagentyp im Einzelfall das Einsparpotenzial zu ermitteln.“



Darüber hinaus ist die Möglichkeiten zur Energiegewinnung zu prüfen. Hier können folgende prinzipielle Ansatzpunkte genannt werden (DVGW-Information Wasser, 2010):

- Nutzung der Sonnenenergie mittels Photovoltaikanlagen.
- Nutzung der vorhandenen hydraulischen Energie durch Einsatz von Turbinen.
- In Einzelfällen die Nutzung der Wärmeenergie durch Wärmepumpen in Einzelfällen wirtschaftlich möglich.

Die vorstehend aufgeführten Energieeinsparmöglichkeiten und Energiegewinnungspotenziale stellen nur eine Auswahl an Möglichkeiten dar. Tatsächlich muss die energetische Situation jedes Wasserversorgungssystems spezifisch betrachtet und bewertet werden. Erst im Anschluss an eine Energieanalyse kann eine Zusammenstellung der möglichen Maßnahmen zur Energieeinsparung und Energierückgewinnung erfolgen.

### 2.3 Energieanalyse

Grundsätzlich kann eine Energieanalyse nach DIN EN ISO 50001 (2011) in 3 Arbeitsphasen unterteilt werden:

- Analyse des Energieeinsatzes und Energieverbrauchs.
- Ermittlung der wesentlichen Bereiche mit wesentlichem Energieeinsatz und wesentlichem Energieverbrauch.
- Ermittlung von Möglichkeiten für die Verbesserung der energiebezogenen Leistung.

Ebenso hat die DVGW im Jahr 2010 eine detailliertere Beschreibung über die Durchführung einer Energieanalyse im Bereich der Wasserversorgung in Form eines Handbuchs veröffentlicht. (DVGW-Information Wasser Nr. 77 „Handbuch Energieeffizienz/Energieeinsparung in der Wasserversorgung“). In Anlehnung an das DVGW-Handbuch sowie der DIN EN ISO 50001 kann die Durchführung einer Energieanalyse in folgende Arbeitsbereiche gegliedert werden:

1. Datenerhebung/Plausibilitätsprüfung der Daten: Betriebsdaten und Unterlagen der zu untersuchenden Einrichtungen werden auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft.
2. Anlagenbegehung: Während der Anlagenbegehung soll bereits auf allgemeine Mängel hingewiesen werden, sowie die zusätzlich zu installierende Messtechnik erörtert werden.
3. Bilanzierung des Energieverbrauchs: Durch die Identifizierung eventuell versteckter Verbraucher sowie der Hauptverbraucher ist es möglich, das Energieeinsparpotenzial

- aufzudecken. Dabei sollen etwa 90 % des Energieverbrauchs einzelner Aggregate zugeordnet werden. Strommessungen stellen die Grundlage der Energiebilanz dar.
4. Bewertung des Ist-Zustandes: Der Vergleich des zuvor aufgenommenen Ist-Zustandes mit den Ziel- und Toleranzwerten zeigt das Energieeinsparpotenzial der untersuchten Wasserversorgungseinrichtung auf.
  5. Vorschläge für einen ersten Maßnahmenkatalog: Der Vergleich zwischen dem Ist-Zustand und dem theoretisch erzielbaren Zielwert zeigt direkte Möglichkeiten auf, die in einem ersten Maßnahmenkatalog vorgeschlagen werden sollen. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt in dieser Phase über eine Kosten-Nutzen-Analyse, bei der mögliche Einsparungen durch die Realisierung der Einzelmaßnahmen aufgezeigt werden.
  6. Endbericht und Präsentation: Die Energieanalyse schließt mit einer schriftlichen Ausarbeitung und einer Sitzung zusammen mit dem Auftraggeber ab. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber soll die Umsetzung der Maßnahmen vorangetrieben werden.

## **2.4 Aufgabenstellung**

Im Fokus der Betrachtung steht die Gemeinde Kinsau (1.050 Einwohner) im oberbayerischen Landkreis Landsberg am Lech. Die Gemeinde beabsichtigt die Optimierung des Trinkwasserversorgungsnetzes sowie der Trinkwasserversorgung. Dazu gehört die Betrachtung der Brunnenpumpen, der Brunnenstuben, der Luftentfeuchter sowie sonstigen Energieverbraucher der Standorte. Zudem ist zu prüfen inwiefern die Nutzung der umliegenden Frei,- sowie Dachflächen möglich und energetisch sowie wirtschaftlich sinnvoll ist.

## **3 Beschreibung des Ist- Zustand**

Bei der Aufnahme des Ist-Zustand wurden alle relevanten, für die energetische Betrachtung der Trinkwasserversorgung, Standorte begangen. Das Hauptaugenmerk fiel hierbei auf die großen Stromverbraucher wie Pumpen, Kompressoren und Luftentfeuchter sowie auf verfügbare Freiflächen für den Einsatz von Photovoltaikanlagen.

### **3.1 Gemeinde Kinsau**

Das Versorgungsnetz besteht aus einer Tiefzone und einer Hochzone. Das Trinkwasser wird über eine Quelfassung gewonnen, in einem Stollen gesammelt und einem unterirdischen Vorlagebehälter mit einem Volumen von 11 m<sup>3</sup> zugeleitet. Die Quellschüttung beträgt im Mittel

17 l/s. Mittels zweier Kreiselpumpen wird das Trinkwasser aus dem Vorlagebehälter in einen erdüberdeckten Stahlbetonhochbehälter mit 250 m<sup>3</sup> Speichervolumen gefördert. Die Fördermenge beträgt 6 l/s bei einem geodätischen Höhenunterschied von ca. 60 m und einer Förderhöhe von ca. 80 m. Der Hochbehälter versorgt die Tiefzone mit ausreichend Druck und die Versorgung der Hochzone erfolgt mittels einer 3-stufigen Druckerhöhungsanlage. Das geförderte Grundwasser wird nicht aufbereitet, jedoch wird das Rohwasser, zur Vermeidung von Verkeimungen an den Quelfassungen, mittels UV-Anlage desinfiziert. Die Jahresfördermenge im Jahr 2019 betrug rund 72.959 m<sup>3</sup>, bei einem Gesamtstrombedarf von rund 48.200 kWh. Hieraus resultiert ein spezifischer Strombedarf der Wasserversorgung von rund 0,66 kWh/m<sup>3</sup>.

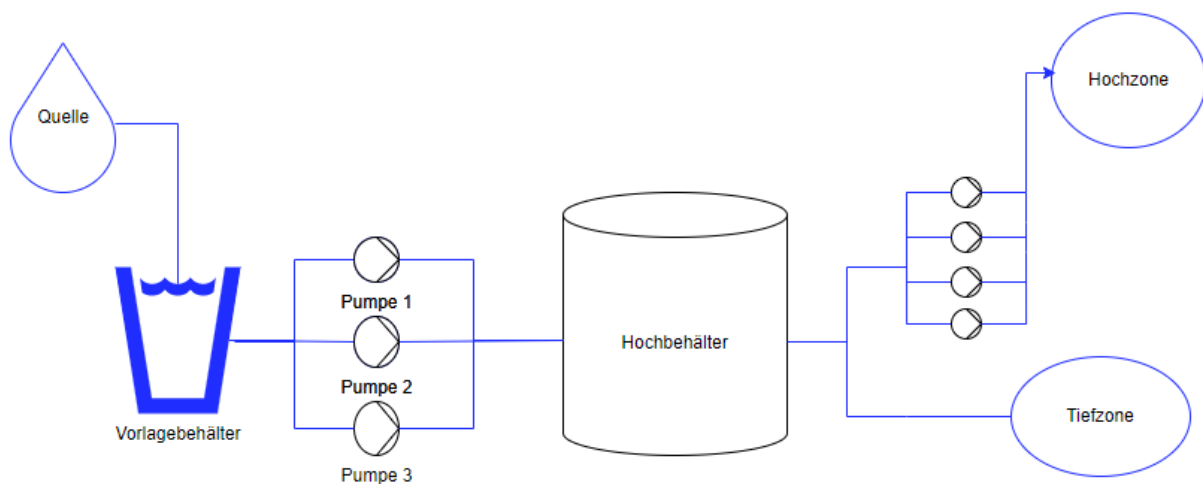


Abbildung 1 Darstellung Wasserversorgungssystem Kinsau

### 3.2 Begehung der trinkwasserrelevanten Standorte

Die Begehung der Wasserversorgungseinrichtungen fand zusammen mit dem Betriebspersonal der technischen Abteilung der beiden Gemeinde Kinsau statt.

Zu den untersuchten Standorten gehören:

- Quelle Kinsau
- Drucksteigerungspumpwerk
- Hochbehälter

An einigen Betriebsstationen wurden bereits Maßnahmen in Form von Frequenzumformern oder Austausch bestehender Pumpen durchgeführt. Dennoch ist von nicht genutztem Optimierungspotenzial auszugehen, da noch ungenutzte Flächen für PV-Anlagen vorhanden, sowie die Wasserverluste relativ hoch einzuordnen sind.

## 4 Gemeinde Kinsau

### 4.1 Quelle und Drucksteigerungspumpwerk Kinsau

Die Wasserversorgung der Gemeinde Kinsau wurde 1985 erbaut und 2011 saniert. Laut wasserrechtlicher Genehmigung ist eine Fördermenge von 8 l/s zulässig welche durch die Pumpe auf 95.000 m<sup>3</sup>/a beschränkt ist. Der Brunnen liegt auf einer Höhe von 683,12 müNN und die ausgebaute Brunnentiefe liegt bei 658,36 müNN. Daraus ergibt sich einer Förderhöhe von ca. 25 m. Die Brunnenstube wird mittels Luftentfeuchter vor Schäden geschützt.



Abbildung 2 Brunnen Kinsau

### 4.2 Hochbehälter Kinsau

Der Hochbehälter in Kinsau dient als Wasserreserve zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit bei Notfällen. Das Pumpwerk wird hierbei bereits per Frequenzumrichter sehr energiesparend betrieben und die Hochzone wird über ein Drucksteigerungspumpwerk versorgt. Die Tiefzone hingegen kann durch den entstehenden statischen Druck im Hochbehälter mit Trinkwasser beliefert werden.



Abbildung 3 Hochbehälter Kinsau

## 5 Fördermenge und Wasserverluste

Die Wasserverluste wurden in der Gemeinde mithilfe der angegebenen Differenz zwischen den geförderten und verkauften Wassermengen ermittelt. Diese Angaben wurden von der Gemeinde bereitgestellt. Die Mengen der Wasserverluste haben einen direkten Einfluss auf den Energiebedarf der Trinkwasserversorgungsanlage. Der Wasserverlust zwischen der Förderung und der Netzabgabe führt zu energetischem Mehraufwand. Durch die Reduzierung

der Verluste sinkt demnach der Energiebedarf der Förderung, Aufbereitung und Verteilung. Nach statistischen Auswertungen (Plath, 2009) wurde ein Median von 0,28 kWh/m<sup>3</sup> für den spez. Energiebedarf errechnet. Dieser bezieht sich allerdings lediglich auf die Rohwasserförderung, bezieht man die Reinwasserförderung mit ein, so liegt der Median bei 0,49 kWh/m<sup>3</sup>.

Darüber hinaus besteht ein Zusammenhang zwischen dem Zustand des Netzes und der Höhe der Wasserverluste. Niedrige Wasserverluste sind ein maßgebender Indikator für einen guten Zustand des Rohrnetzes (Plath, 2009).

Eine tabellarische Darstellung der Messwerte ist in Tabelle 1 und zu finden. Diese wurden für die Bezugsjahre 2019 und 2020 dargestellt.

Tabelle 1 Wasserverluste Kinsau

Wasserverluste		geförderte Wassermenge	verkaufte Wassermenge	Differenz	rel. Verluste	spezifische Verluste
Kinsau	2019	69.951 m <sup>3</sup>	61.876 m <sup>3</sup>	<b>8.075 m<sup>3</sup></b>	<b>12%</b>	0,059 m <sup>3</sup> /km*h
	2020	70.612 m <sup>3</sup>	60.591 m <sup>3</sup>	<b>10.021 m<sup>3</sup></b>	<b>14%</b>	0,074 m <sup>3</sup> /km*h
	2021	72.959 m <sup>3</sup>	61.528 m <sup>3</sup>	<b>11.431 m<sup>3</sup></b>	<b>16%</b>	0,084 m <sup>3</sup> /km*h

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass die Wasserverluste pro Jahr um 2 % gestiegen sind. Numerisch werden die spezifischen Wasserverluste von 0,06 m<sup>3</sup>/km\*h auf 0,08 m<sup>3</sup>/km\*h benannt.

Die Verluste der Gemeinden Kinsau sind ebenfalls visuell in Abbildung 4 dargestellt. Hieraus wird ersichtlicher wie sich die geförderten sowie verkauften Wassermengen und relativen Verluste in den Jahren 2019 bis 2021 verändert haben.

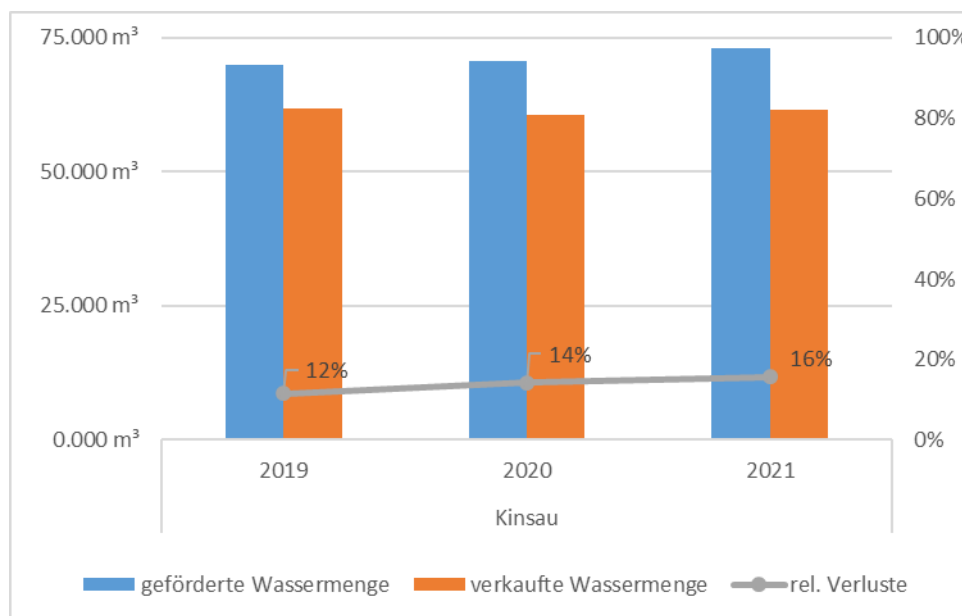


Abbildung 4 Wasserverluststatistik

Die Wasserverluste in Deutschland konnten dank gesteigerter Sensibilität der Verbraucher und verbesserter Leckortungsmethoden in den letzten Jahren deutlich reduziert werden (von 758 Mio. m³  $\pm$  11,66 % im Jahr 1991 auf 457 Mio. m³  $\pm$  8,79 % in 2016).

Um die Wasserverluste richtig einordnen zu können, werden die Richtwerte nach DVGW M 392, Tabelle 2 (BLfU, 2018) verwendet. Für ländliche Strukturen ist hier ein Wasserverlust von 0,05 m³/km³h als gering einzuordnen.

Tabelle 2 Wasserverlustbereich nach DVGW M 392 (BLfU, 2018)

Wasserverlustbereiche gemäß DVGW M 392	Versorgungsstruktur		
	Bereich 1 (großstädtisch)	Bereich 2 (städtisch)	Bereich 3 (ländlich)
	[m³/km³h]		
Geringe Wasserverluste	< 0,10	< 0,07	< 0,05
Mittlere Wasserverluste	0,10 - 0,20	0,07 - 0,15	0,05 - 0,10
Hohe Wasserverluste	> 0,20	> 0,15	> 0,10

Gemäß Einordnung nach DVGW sind die Wasserverluste in Kinsau mit zuletzt 16 % und 0,08 m³/km³h als mäßig bis hoch einzuordnen und es kann von einem größerem Optimierungspotenzial ausgegangen werden. Ein pauschaler Zielwert für erreichbare Wasserverlustraten wird aktuell mit 5 - 7 % angesetzt, welcher von einigen Gemeinden in Deutschland bereits erreicht wird. Inwieweit die Wasserverluste sich durch eine bessere Überwachung weiter senken lassen, hängt allerdings von vielen Faktoren ab, die keine genaue Berechnung zulassen. Eine Reduktion der Wasserverlustrate auf den genannten Zielwert von 7 % würde in der Gemeinde Kinsau zu einer Energieeinsparung von 3.607 kWh bzw. 721 €

pro Jahr führen unter der Voraussetzung, dass Sanierungsmaßnahmen für das Leitungsnetz angesetzt werden.

Zur Sicherstellung eines positiven Kosten-Nutzen-Verhältnisses ist ein effizientes Wasserverlustmanagement erforderlich. Hierzu zählt zum einen die Digitalisierung der vorhandenen Mess- und Regelungstechnik zur kontinuierlichen Netzüberwachung, zum anderen eine nachhaltige Strategie des Netzunterhaltes, bei der Materialauswahl, Schadenshäufigkeiten etc. Berücksichtigung findet. Hierzu sind wiederum ein entsprechendes Datenmanagement und Datenerfassungssystem erforderlich, um Kenntnisse zu den Ursachen zu erlangen und entsprechende Gegenmaßnahmen entwickeln und priorisieren zu können. (Energie/wasser-praxis, 2015)

## 6 Potenzialanalyse und Energie-/CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wasserversorgung

### 6.1 Einleitung

Ausgehend von einem Gesamtenergiebedarf der deutschen Wasserversorgung von rund 2.400 Mio. kWh (Plath, 2009) und einer Emission von 0,285 kg CO<sub>2</sub>/kWh (errechnet nach deutschem Strommix) ergibt sich eine jährliche CO<sub>2</sub>-Emission von ca. 0,84 Mio. t. Bei der Einsparung von elektrischer Energie werden somit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert.

Die Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzials erfolgt auf Basis einer Energiebilanz. Hierzu werden die Hauptverbraucher wie Pumpen, Heizungen, Luftentfeuchter und Aufbereitungsanlagen für jeden Standort einzeln betrachtet und deren elektrischer Energiebedarf in kWh/a ermittelt. Dies ist notwendig, um den höchsten Bedarf einzelner Anlagenteile zu identifizieren und geeignete Einsparmöglichkeiten zu erarbeiten.

Die Leistung von Dreiphasenwechselstromgeräten werden durch deren Stromstärke, Stromspannung sowie Wirkstrom berechnet. Diese sind in den folgenden Formeln dargestellt.

$$P = \sqrt{3} \cdot UL \cdot IL \cdot \cos\varphi$$

$$UL = \sqrt{3} \cdot US$$

$$P = US \cdot (I1 + I2 + I3) \cdot \cos\varphi$$

$$P = \text{Leistung in Watt}$$

$$U = \text{Spannung in Volt}$$

$$I = \text{Strom in Ampere}$$

Die Strangspannung „US“ wird mit 230 V angenommen, was einem üblichen Wert für 3-Phasen-Geräte im deutschen Stromnetz entspricht. Zum Zeitpunkt der Messung kann die Spannung allerdings um mehrere Volt von der Annahme abweichen, wodurch das Ergebnis der Berechnung beeinträchtigt wird. Der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  ist von Gerät zu Gerät unterschiedlich und muss nicht immer den Angaben des Typenschildes entsprechen. Zur überschlägigen Berechnung des Stromverbrauchs wurden, soweit diese vorlagen, die Typenschildangaben übernommen. Ansonsten 0,85 als Berechnungsbasis festgelegt. Daraus ergibt sich aus der Multiplikation der Leistung mit der Zeit die verrichtete elektrische Arbeit folgende Berechnungsformel:

$$W = P \cdot t$$

*W = Arbeit in Kilowattstunden*

*P = Leistung in Kilowatt*

*t = Arbeitsstunden*

Da bei keinem Verbraucher die Betriebsstunden bekannt sind, musste über die Fördermenge und die mögliche Fördermenge beziehungsweise über den Stromverbrauch des Standortes und den Stromverbrauch des Gerätes eine Abschätzung getroffen werden.

Um die Berechnung durchzuführen, wurde diese über eine Abschätzung von realer und theoretischer Fördermenge respektive dem Stromverbrauch des Standortes und den Stromverbrauch des Gerätes vorgenommen.

Die ökonomischen Einsparungspotenziale wurden anhand des aktuellen Strompreises ermittelt, welcher in Kinsau 20 Cent/kWh beträgt.

## **6.2 Entwicklung des gesamten elektrischen Energiebedarfs der Wasserversorgung**

Für die Gemeinde Kinsau wurde aufgrund Datengrundlage drei Bezugsjahre zum Vergleich der Strombedarfsentwicklung herangezogen.



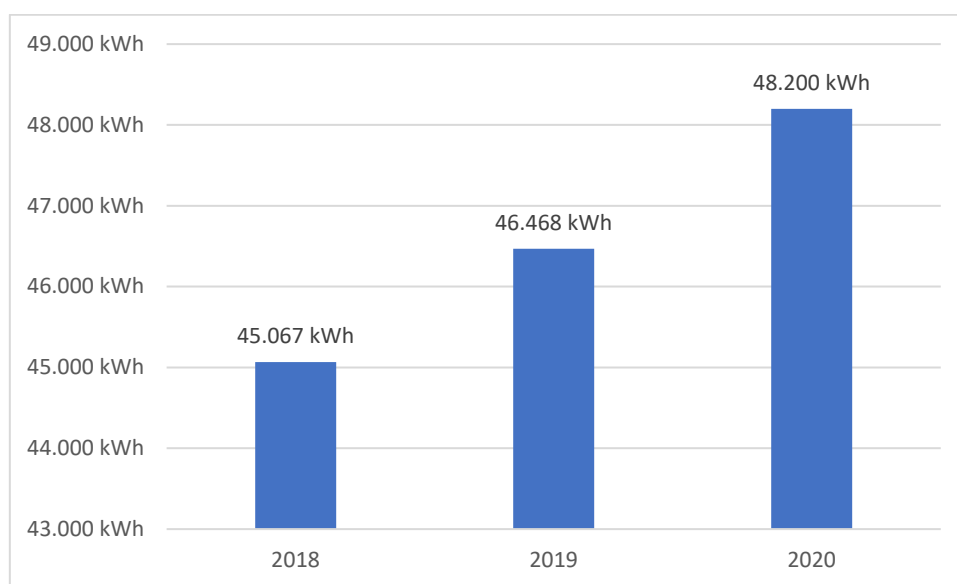


Abbildung 5 el. Energieverbrauch Kinsau

## 6.3 Energie und CO<sub>2</sub> Bilanz

### 6.3.1 Quelle und Pumpstation Kinsau

An der Pumpstation der Quelle Kinsau sind drei Pumpen, sowie ein Luftentfeuchter installiert. Diese versorgen den Hochbehälter in Kinsau nach Bedarf mit Trinkwasser. Die Betriebsstunden der Pumpe wurden anhand der Fördermengen und der Pumpenleistung abgeschätzt. Im Jahr 2020 verbrauchten die Pumpen sowie der Luftentfeuchter 31.799 kWh. Da alle anderen Verbraucher (Lampen etc.) sehr kleine Betriebsstunden und Verbräuche aufweisen, wurden diese in den Berechnungen vernachlässigt. Unter Annahme einer Pumpenauslastung von 17 % und gegebener Pumpenleistung von 7,5 kW resultiert ein Strombedarf von 31.107 kWh. Die Stromkosten belaufen sich dabei auf 6.360 €/a, bei einer resultierenden Emission von 9.063 kgCO<sub>2</sub>/a

Tabelle 3 Verbraucher Kinsau Quelle und Pumpstation

Standort				Berechnung				
Kinsau Drucksteigerung	Auslastung [-]	Volaststunden [h]	t [t/a]	Pumpenschild [kW]	Permittung [kW]	W [kWh/a]	Kosten [€]	Emissionen [kg CO <sub>2</sub> /a]
Luftentfeuchter	0,11	947	8.760	0,73		692	138	197
UV Anlage	1	8.760	8.760			-	-	-
Pumpe 1	0,17	1.503	8.760	7,5	7,5	10.369	2.074	2.955
Pumpe 2	0,17	1.503	8.760	7,5	7,5	10.369	2.074	2.955
Pumpe 3	0,17	1.503	8.760	7,5	7,5	10.369	2.074	2.955
<b>SUMME</b>						<b>31.799</b>	<b>6.360</b>	<b>9.063</b>

### 6.3.2 Kinsau Hochbehälter

Der Hochbehälter ist in einer erdüberdeckten Stahlbetonhochbehälterbauweise ausgeführt und umfasst ein Speichervolumen von rund 250 m<sup>3</sup>. Am Hochbehälter sind je 4 Pumpen zur Drucksteigerung installiert, welche zur Versorgung der Hochzone dienen. Der Luftentfeuchter schützt das Gebäude vor Witterung und feuchtigkeitsbedingten Schäden an der Bausubstanz

Tabelle 4 Verbraucher Kinsau Hochbehälter und Druckerhöhungsanlage

Standort				Berechnung			
Kinsau Hochbehälter	Auslastung [-]	Volllaststunden [h]	t [h/a]	P <sub>Typenschild</sub> [kW]	W [kWh/a]	Kosten [€]	Emissionen [kg CO <sub>2</sub> /a]
Pumpe 1	0,21	1.806	8.760,00	2,2	3.973	795	1.132
Pumpe 2	0,21	1.806	8.760,00	2,2	3.973	795	1.132
Pumpe 3	0,21	1.806	8.760,00	2,2	3.973	795	1.132
Pumpe 4	0,21	1.806	8.760,00	2,2	3.973	795	1.132
Luftentfeuchter	0,11	964	8.760,00	0,53	511	102	146
<b>SUMME</b>					<b>16.401</b>	<b>3.280</b>	<b>4.674</b>

### 6.3.3 Zusammenfassung der Energie- und CO<sub>2</sub> Bilanz

In der Gemeinde Kinsau ist der Stromverbrauch auf die Quelle und dazugehörige Pumpstation und den Hochbehälter aufgeteilt (vgl. Tabelle 5). Die Pumpen an der Quellstation und die Drucksteigerungspumpen im Hochbehälter stellen die größten Stromverbraucher dar.

Tabelle 5 Strombedarfsverteilung Kinsau

Kinsau Quelle und Drucksteigerung	Strombedarf [kWh]	Anteil [%]
Luftentfeuchter Quelle	691,58	1%
Pumpe 1 Quelle	10.369,14	22%
Pumpe 2 Quelle	10.369,14	22%
Pumpe 3 Quelle	10.369,14	22%
Kinsau Hochbehälter	Strombedarf [kWh]	Anteil [%]
Luftentfeuchter	510,71	1%
Pumpe 1	3.972,50	8%
Pumpe 2	3.972,50	8%
Pumpe 3	3.972,50	8%
Pumpe 4	3.972,50	8%
<b>SUMME</b>	<b>48.200</b>	<b>100%</b>

Es wird deutlich, dass ca. 98 % des Gesamtenergieverbrauchs der Wasserversorgung in der Gemeinde Kinsau auf die Pumpen zurückzuführen sind. Die Luftentfeuchter nehmen

zusammen nur 2 % des Energieverbrauches ein. Daraus wird ersichtlich, dass besonderes Augenmerk auf die beiden Pumpen sowie die jährlich steigenden Wasserverluste gelegt werden sollte.

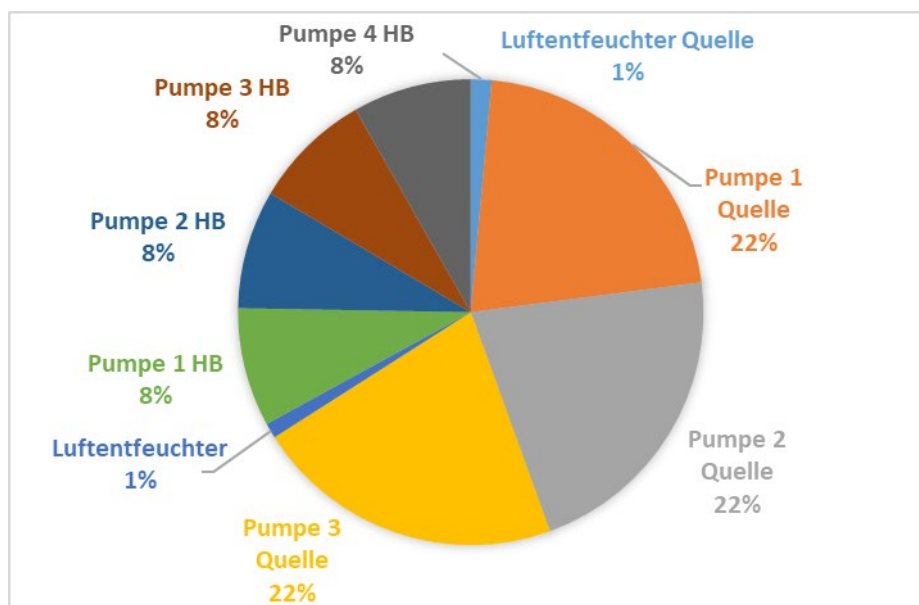


Abbildung 6 Strombedarfsverteilung Gemeinde Kinsau

## 7 Potenzialanalyse, Maßnahmenkatalog und Kosten-Nutzen-Analyse

### 7.1 Einführung

Die Potenzialanalyse soll durch einen Vergleich der anlagenspezifischen Verbrauchswerte der Trinkwasserversorgungseinrichtungen der Gemeinde Kinsau mit den Zielwerten aus der Literatur (DVGW-Wasser Nr. 77, 2016), Wirkungsgrad von Pumpen, spezifische Leistungsaufnahmen, etc. Aufschluss über das theoretische Einsparpotenzial geben. Dabei muss beachtet werden, dass es sich hierbei vorerst nur um ein theoretisches Einsparpotenzial handelt. Über die Höhe der tatsächlichen Einsparung kann nur durchdetaillierten Untersuchungen Auskunft gegeben werden.

Die Gemeinde Kinsau förderte im Jahr 2020 rund 72.959 m<sup>3</sup> Trinkwasser, bei einem Gesamtenergiebedarf von rund 48.200 kWh/a. Daraus ergibt sich ein spezifischer Energiebedarf von 0,66 kWh/m<sup>3</sup>

Die Bewertung der ermittelten spez. Energieverbräuche erfolgt mittels die Energietabelle nach (Plath, 2009). Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Einfluss der Förderhöhe nicht berücksichtigt wird.

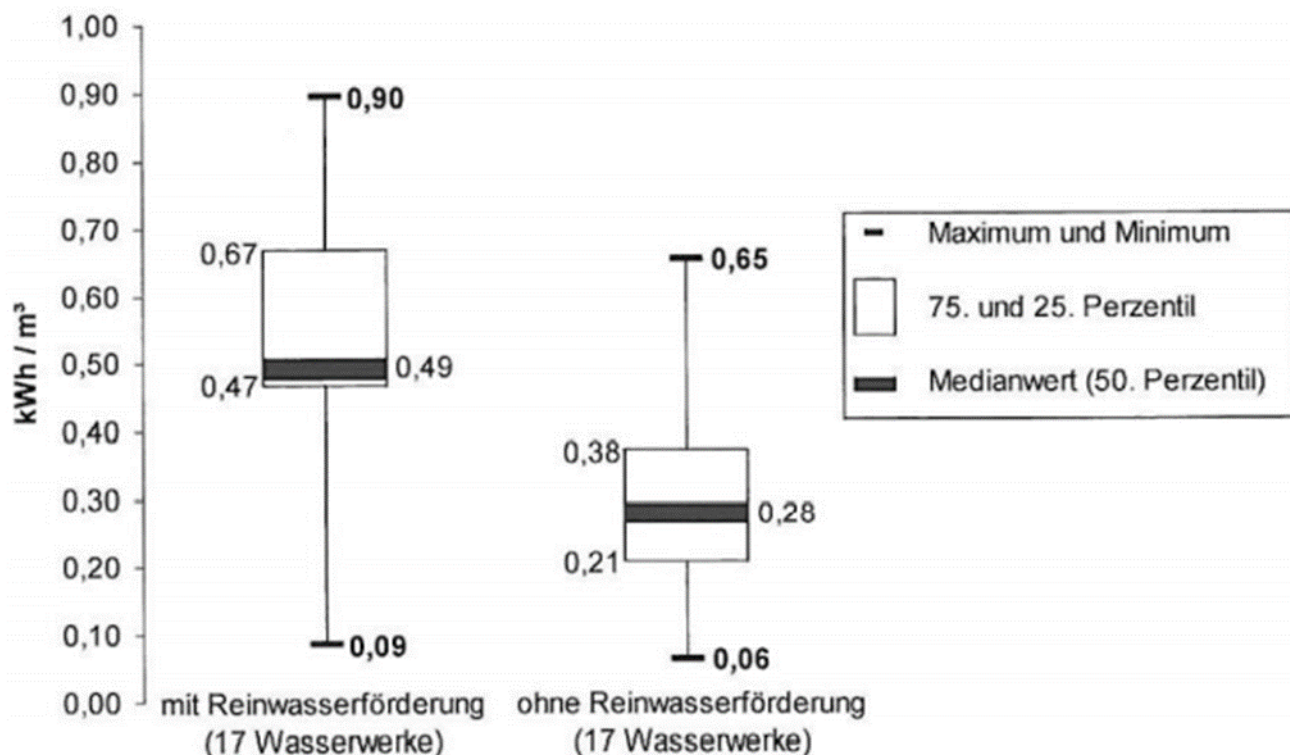


Abbildung 7 Energietabelle nach (Plath, 2009)

Im 75 %-Perzentil liegt der Wert für die Gemeinde Kinsau bei 0,66 kWh/m<sup>3</sup> für Brunnen mit Reinwasserförderung, dies entspricht einem mäßigen Wert.

Tabelle 6 spez. Energieverbräuche

Tiefbrunnenanlage	Strom [kWh]	Wasser[m <sup>3</sup> ]	Spez. Verbrauch [kWh/m <sup>3</sup> ]
Kinsau	48.200	72.959	0,66

## 7.2 Reduktion der Wasserverluste

In Kapitel 3.2 sind die Fördermengen und die Wasserverluste dargestellt, aufgeteilt nach den Versorgungsgruppen. Die Differenz aus den Abläufen der Hochbehälter und den verkauften Wassermengen liegt in den Versorgungsgebieten relativ hoch. Als Zielwerte zur Reduktion der Wasserverluste sind 5 - 7 % anzustreben. Aus Tabelle 8 wird ersichtlich, welche Werte hinsichtlich Fördermenge etc. anvisierten werden müssen, um die Wasserverlustrate von 7 % zu erzielen.

Tabelle 7 Reale und Zielwerte Wasserverluste

Versorgungsgebiet	Wasserverluste	Zielwert Wasserverlust	spez. Energieverbrauch	Einsparung bei Zielwert	finanzielle Einsparung
	%	%	kWh/m <sup>3</sup>	kWh/a	€
Kinsau	16%	5%	0,66	4.440	888
Kinsau	16%	7%	0,66	3.607	721

Daraus ergibt sich eine Ersparnis von 3.606 bis 4.440 kWh/a in Kinsau bei einem als realistisch angestrebten Zielwert von 5 - 7 %. Folglich besteht hier mitunter das größte Potenzial zur Energieeinsparung und CO<sub>2</sub> Reduzierung.

Es ist zu empfehlen, die Brunnen/ Quellen, die Hochbehälter am Ein-, sowie Ausgang und die Versorgungsgebiete mit zusätzlichen Wasserzählern zu versehen. Darüber lassen sich die Gebiete, in denen die Verluste auftreten bereits erheblich eingrenzen. Die präzise Ermittlung der Wasserverluste, mit einer klaren Differenzierung nach spezifischen Versorgungsgebieten (Zubringleitung, Hochbehälter, Versorgungszone) ermöglicht gezielte und optimale Maßnahmen zur Unterschreitung und Einhaltung der Wasserverlustzielwerte in den jeweiligen Gebieten. Zudem ließen sich die sogenannten Nullwasserverbräuche oder auch Restverbrauchsmengen zwischen 2:00 Uhr und 4:00 Uhr nachts ermitteln. Liegen diese über dem Richtwert von 0,4 m<sup>3</sup>/h bis 0,8 m<sup>3</sup>/h je 1.000 versorgter Einwohner so ist ein Wasserverlust wahrscheinlich. Damit ließe sich auch in einem zukünftig aufzubauenden Leitsystem ein Kriterium festlegen anhand dessen bewertet werden kann ob neue Rohrbrüche, durch den Anstiegs dieses Wertes, auftreten.

Das Feststellen der Wasserverluste über das Jahresabrechnungssystem ist auf Grund der dazwischenliegenden Reaktionszeit sehr spät und kostet Wasser und Energie. Zudem entstehen zusätzliche Kosten, die Gefährdung durch Folgeschäden und ein kritischer Netzzustand. Durch die Installation von Leckortungsmethoden oder Wasserzählern ergeben sich folgende Vorteile:

- Senkung der Betriebskosten
- Senkung der Investitionen
- Verbesserung der Messung und Abrechnung
- Minimierung der Gesundheitsrisiken
- Verbesserung der Versorgungssicherheit
- Minimierung der Infrastrukturschäden
- Gesteigerte Kundenzufriedenheit
- Steigerung der Reputation

- Steigerung der Zahlungswilligkeit
- Reduzierung der ökologischen Belastung

Die folgende Abbildung 8 zeigt eine Schemaskizze an welchen Orten solche Zähler installiert werden könnten, um die Wasserverluste genauer zu erfassen, zu erkennen, zu orten und reparieren zu können.

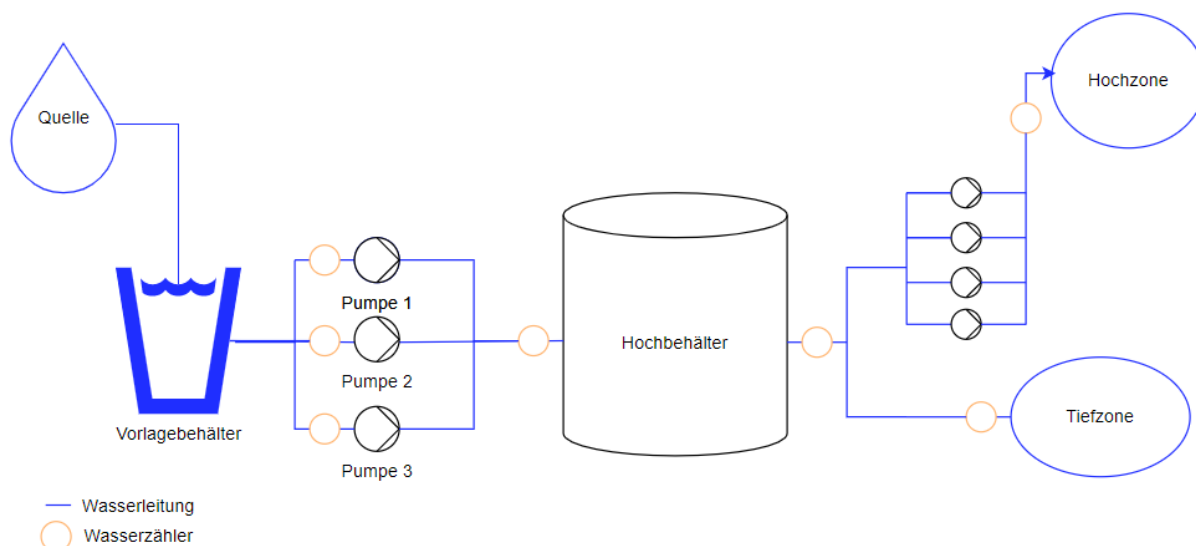


Abbildung 8 mögliche Wasserzähler Kinsau

Als zusätzliche Maßnahme wird der Bau einer Verbundleitung mit der Nachbargemeinde Apfeldorf empfohlen, um die beidseitige Versorgungssicherheit zu gewährleisten und die gegenseitigen Hochbehälter bei entstehenden Engpässen weiterhin mit Trinkwasserversorgen zu können.

### 7.3 Einsatz von PV zur Eigenstromerzeugung

Im Rahmen der Studie wurde der Einsatz von Photovoltaik geprüft. Dabei liegt der Schwerpunkt/Fokus auf einer möglichst hohen Eigenverbrauchsquote, um den Energiezukauf so gering wie möglich zu halten. Zu beachten ist hierbei, dass ggf. die Steuerung der Pumpen im Hinblick auf die aktuelle Energieerzeugungssituation angepasst werden muss. Da PV-Energie tagsüber nutzbar ist, wäre es anzustreben die Verbraucher auch tagsüber durch Nutzung dieser PV-Energie zu betreiben und den Pufferspeicher des Hochbehälters somit optimal auszunutzen.

### 7.3.1 Kinsau Variante 1

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen wurden verschiedene Varianten betrachtet. Diese wurden mithilfe der Simulationssoftware PV-SOL sowie der Energiedaten und Luftbildern simuliert. Variante eins wurde am Quellstollen simuliert. Bei Variante zwei wurde eine mögliche Anlage am Hochbehälterstandort simuliert.

Ersichtlich ist, dass bei Variante eins die Investition bereits nach 10 Jahren, mit einer Stromproduktion von 5.034 kWh/a und einem Autarkiegrad von 15,8 %, amortisiert hat.

## Projektübersicht

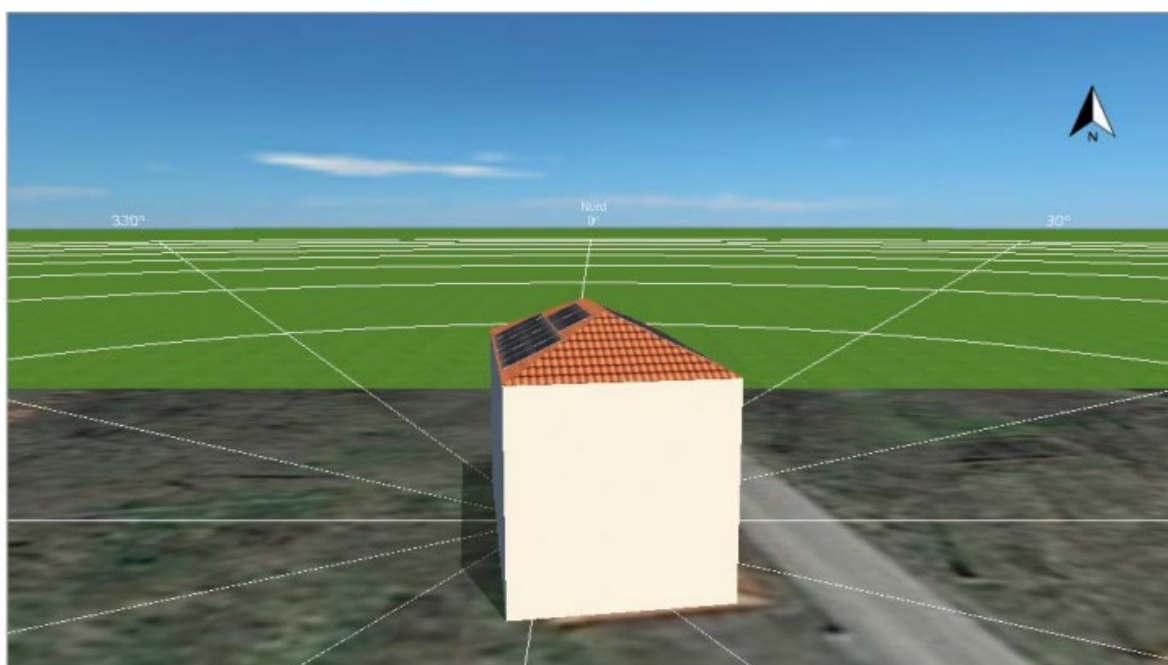


Abbildung: Übersichtsbild, 3D-Planung

## PV-Anlage

### 3D, Netzgekoppelte PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern

Klimadaten	Berlin, DEU (1995 - 2012)
Quelle der Werte	DWD
PV-Generatorleistung	5,92 kWp
PV-Generatorfläche	29,2 m <sup>2</sup>
Anzahl PV-Module	16
Anzahl Wechselrichter	2

Abbildung 9 Projektübersicht

## Ergebnisse Gesamtanlage

### PV-Anlage

PV-Generatorleistung	5,92 kWp
Spez. Jahresertrag	853,98 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	86,80 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,0 %/Jahr
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	
Eigenverbrauch	5.088 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	54 kWh/Jahr
<b>Eigenverbrauchsanteil</b>	
	98,9 %
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen	2.376 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



■ Eigenverbrauch  
■ Abregelung am Einspeisepunkt  
■ Netzeinspeisung

### Verbraucher

Verbraucher	31.799 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	33 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	31.832 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	5.034 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	26.797 kWh/Jahr
<b>Solarer Deckungsanteil</b>	
	15,8 %

Gesamtverbrauch



■ gedeckt durch PV  
■ gedeckt durch Netz

### Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	31.832 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	26.797 kWh/Jahr
Autarkiegrad	15,8 %

Abbildung 10 Simulationsergebnisse

## Überblick

### Anlagendaten

Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	54 kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	5,9 kWp
Inbetriebnahme der Anlage	27.04.2022
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kapitalzins	0 %

### Wirtschaftliche Kenngrößen

Kumulierter Cashflow	14.116,79 €
Mindestlaufzeit der Anlage	10,0 Jahre
Stromgestehungskosten	0,1086 €/kWh

Abbildung 11 Wirtschaftlichkeitsanalyse



### 7.3.2 Kinsau Variante zwei

Durch Investitionskosten von 16.872 € kann ein Autarkiegrad von 36,8 % erreicht werden. Zusätzlich wird eine Strommenge von 11.926 kWh/a produziert. Ausgehend von einem Standardlastprofil kann dadurch 6.053 kWh/a zur Eigenversorgung genutzt und 5.873 kWh/a ins Netz eingespeist werden. Daraus ergibt sich eine Amortisationszeit von 13,3 Jahren.

## Projektübersicht



Abbildung: Übersichtsbild, 3D-Planung

## PV-Anlage

### 3D, Netzkoppelte PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern

Klimadaten	Berlin, DEU (1995 - 2012)
Quelle der Werte	DWD
PV-Generatorleistung	14,06 kWp
PV-Generatorfläche	69,3 m <sup>2</sup>
Anzahl PV-Module	38
Anzahl Wechselrichter	2

Abbildung 12 Projektübersicht

## Ergebnisse Gesamtanlage

### PV-Anlage

PV-Generatorleistung	14,06 kWp
Spez. Jahresertrag	845,76 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	90,04 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,0 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	11.926 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	6.053 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	5.873 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	50,6 %
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen	5.589 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



■ Eigenverbrauch  
■ Abregelung am Einspeisepunkt  
■ Netzeinspeisung

### Verbraucher

Verbraucher	16.401 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	34 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	16.435 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	6.053 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	10.382 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	36,8 %

Gesamtverbrauch



■ gedeckt durch PV  
■ gedeckt durch Netz

### Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	16.435 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	10.382 kWh/Jahr
Autarkiegrad	36,8 %

Abbildung 13 Simulationsergebnisse

## Überblick

### Anlagendaten

Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation)	5.848 kWh/Jahr
PV-Generatorleistung	14,1 kWp
Inbetriebnahme der Anlage	27.04.2022
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kapitalzins	0 %

### Wirtschaftliche Kenngrößen

Kumulierter Cashflow	14.434,13 €
Mindestlaufzeit der Anlage	13,3 Jahre
Stromgestehungskosten	0,094 €/kWh

Abbildung 14 Wirtschaftlichkeitsanalyse

## 7.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

In Tabelle 10 sind die entwickelten Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs für Kinsau dargestellt. Daraus wird ersichtlich, welche Maßnahme das höchste Potenzial aufweist um den spezifischen Energieverbrauch und damit zusammenhängend den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern.

Tabelle 8 Maßnahmentabelle Kinsau

Maßnahme	Zone [-]	Stromeinsparung kWh	CO <sub>2</sub> Einsparung kg	spez. Einsparung kWh/m <sup>3</sup>
PV Anlage Quellstollen		5.043	1.437	0,069
PV Anlage Hochbehälter		6.053	1.725	0,083
Vinderung der Wasserverluste	Wasserverteilung	4.440	1.265	0,061

Die beiden größten Potenziale liegen der Nutzung von PV- Anlagen und der Minderung der Wasserverluste. Hinzu kommt, dass bei der Sanierung der Leitungen nicht nur die Wasserverluste geortet und repariert werden, sondern auch, dass durch neue Leitungsgrößen und Materialien die Druckverluste reduziert werden und damit ebenfalls der Stromverbrauch gesenkt wird. Da die Pumpentechnik etc. bereits neu und mit Frequenzumrichtern ausgestattet ist, lassen sich hierbei keine wirtschaftlichen Maßnahmen ableiten. Bei Erreichen der Wasserverluste würde sich der Stromverbrauch um bis zu 4440 kWh und der spez. Energieverbrauch theoretisch um 0,061 kWh/m<sup>3</sup> (von 0,66 kWh/m<sup>3</sup> auf 0,59 kWh/m<sup>3</sup>) verringern. Unter Verwendung von PV-Anlagen lässt sich ein Eigenstromverbrauch generieren. Die Höhe des Eigenversorgungsgrades hängt davon ab, welche Variante zur PV-Erzeugung den Vorzug erhält. Um eventuell entstehende Engpässe besser abfangen zu können und Ausnahmesituationen besser entgegenzuwirken wird außerdem eine Verbundleitung mit der Nachbargemeinde Apfeldorf empfohlen, um die jeweilige Versorgungssicherheit in beiden Gemeinden besser gewährleisten zu können.