

# Geothermische Anlagen zum Heizen und Kühlen

- Wunsch und Wirklichkeit -



# Ergebnisse des Monitorings von großen geothermischen Anlagen im Vergleich zur Planung

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens werden die vom Antragsteller / Planer beschriebenen Auswirkungen einer geplanten / beantragten Anlage (Temperaturen, Reichweite der thermischen Beeinflussung) überprüft.

Häufig werden konkrete Nebenbestimmungen zu Energiemengen oder Temperaturgrenzen vorgegeben. In Hessen wird zudem i. d. R. vom Verbleib der thermischen Beeinflussung des Untergrunds auf dem Grundstück ausgegangen; anderenfalls muss ein bergrechtliches Bewilligungsfeld beantragt / erteilt werden.

Das behördlich geforderte Monitoring dient der Überwachung, ob die Nebenbestimmungen bzw. der im Antrag beschriebene Betrieb mit seinen Auswirkungen eingehalten wird.

Monitoring-Ergebnisse werden in unterschiedlichster Form vorgelegt (als Ausdruck, als PDF, textlich, tabellarisch, grafisch oder als Excel-Daten), was eine Aus- und Bewertung seitens der Behörde teilweise erschwert.

# Ergebnisse des Monitorings von großen geothermischen Anlagen im Vergleich zur Planung

## Geothermie-Planer sind keine TGA-Planer!

Fehler bei der TGA-Planung bzgl. des Heiz- und Kühlbedarfs, die zu einem von der Planung / Zulassung abweichenden Betrieb einer geothermischen Anlage führen, liegen grundsätzlich nicht in der Verantwortung von Geothermie-Planern.



# Beispiel 1: Wohngebäude (EWS)

## Planung

Anlage: 20 EWS à 150 m

### Betrieb:

	Leistung (kW)	Laufzeit/a (h)	Wärmemenge (MWh/a)
<u>Gebäude</u>			
Heizleistung WP	110	2.100	231
Kühlleistung WP	75	700	53
<u>Untergrund</u>			
Wärmeentzug (JAZ: 3,5)	79	2.100	<b>166</b>
Wärmeeintrag (JAZ: 3,5)	96	700	<b>67</b>

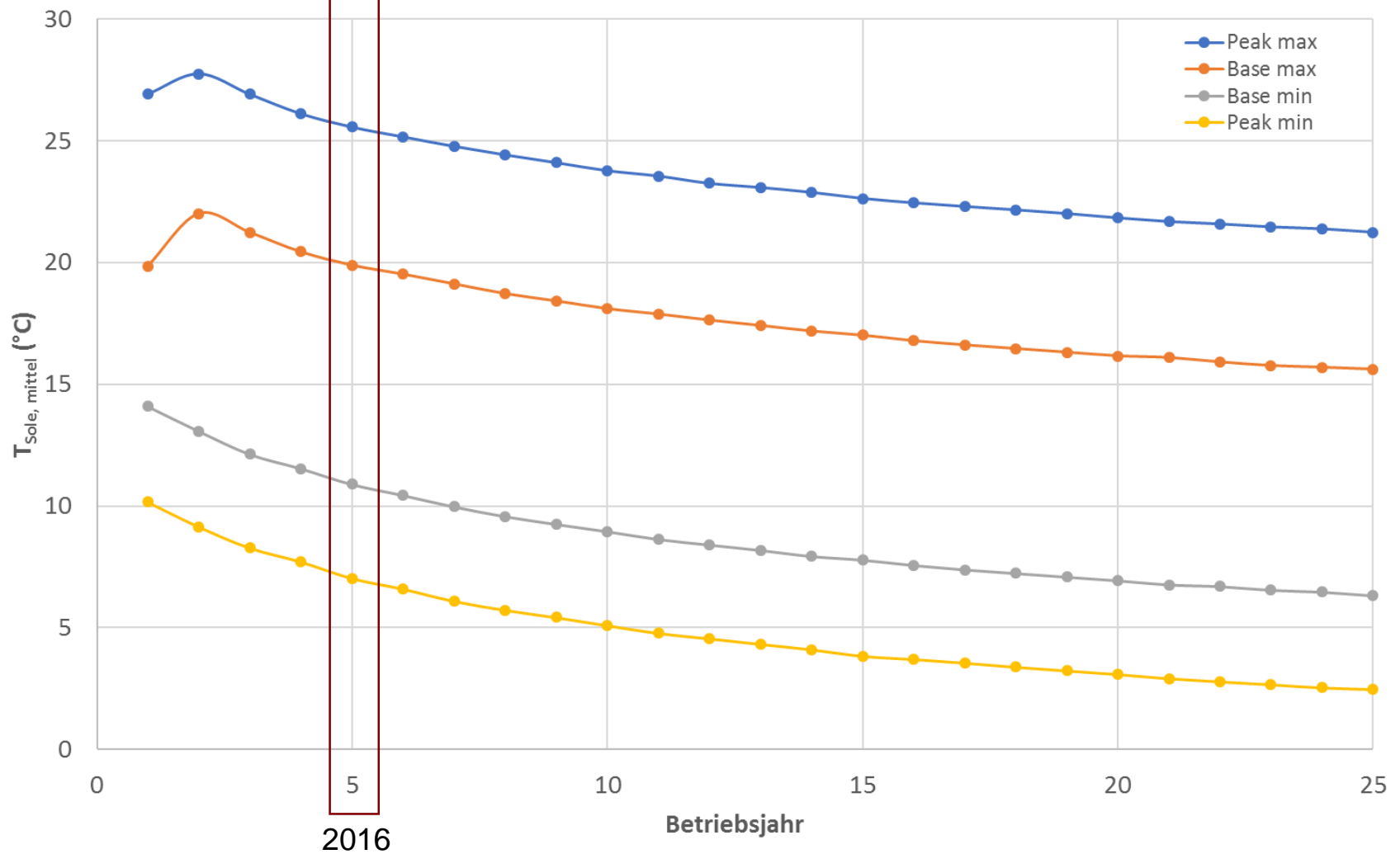
### Hinweis des Planers:

*Die Gebäudekühlung (der Wärmeeintrag) **muss** in etwa mit dem genannten Umfang betrieben werden, da ansonsten im Heizfall nicht ausreichend Wärme im Untergrund zur Verfügung steht und sich dann die Temperaturen ungünstiger entwickeln können.*

# Beispiel 1: Wohngebäude (EWS)

## Planung und Zulassung

Mittelwerte Zu-/Austritt EWS-Feld (° C)



# Beispiel 1: Wohngebäude (EWS)

## Ergebnis des Monitorings

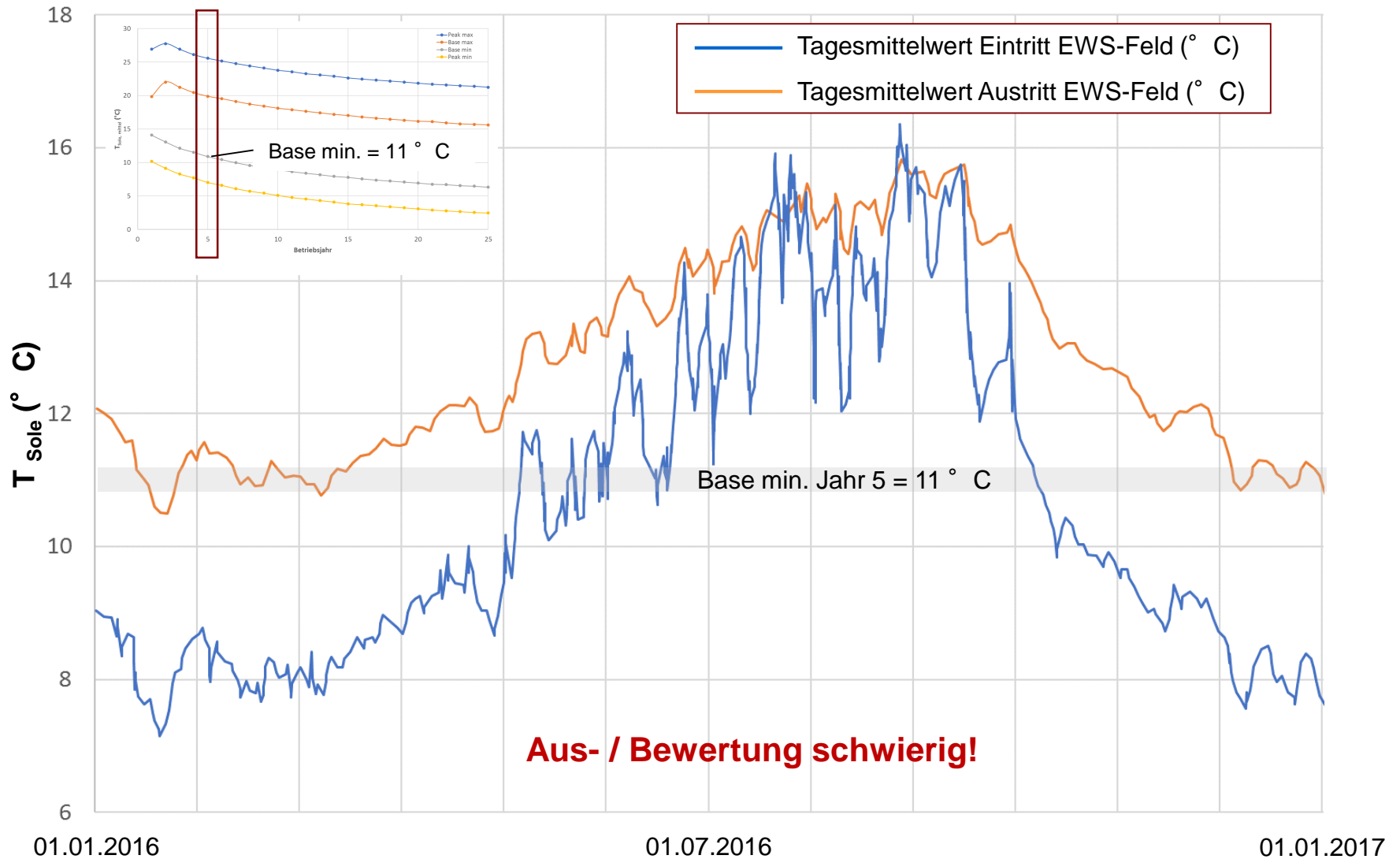
Jahr	Entzug (MWh/a)	Eintrag (MWh/a)	Erdseitige Bilanz (MWh/a)	
<b>Plan</b>	<b>166</b>	<b>67</b>	<b>-99</b>	
<b>2012</b>	143	0	-143	<i>Heiz- und Kühlbedarf weichen deutlich von der Planung ab!</i>
<b>2013</b>	132	2	-130	
<b>2014</b>	119	2	-117	
<b>2015</b>	113	8	-105	<i>Es wird weniger Wärme entzogen und nahezu keine Wärme in den Untergrund eingetragen.</i>
<b>2016</b>	122	4	-118	

### Hinweis des Planers:

*Die Gebäudekühlung (der Wärmeeintrag) **muss** in etwa mit dem genannten Umfang betrieben werden, da ansonsten im Heizfall nicht ausreichend Wärme im Untergrund zur Verfügung steht und sich dann die Temperaturen ungünstiger entwickeln können.*

# Beispiel 1: Wohngebäude (EWS)

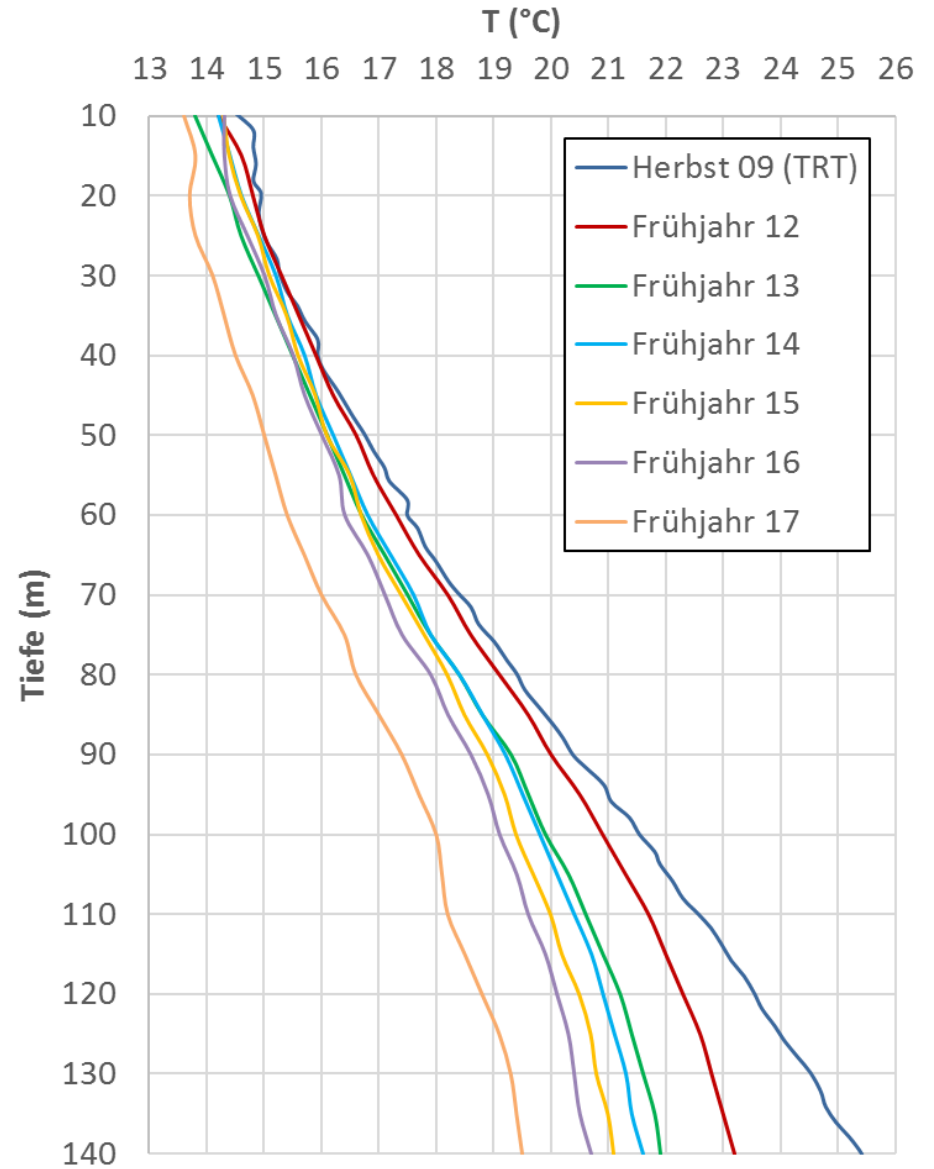
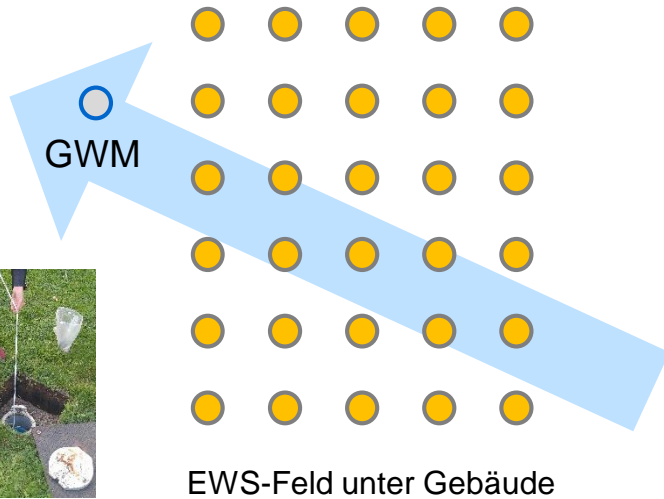
Monitoring: Soletemperaturen 01/2016 – 01/2017 (5. Betriebsjahr)



# Beispiel 1: Wohngebäude (EWS)

## Monitoring: Grundwassermessstelle

GWM für thermisches Monitoring im vermuteten Abstrom im Abstand von < 10 m vom EWS-Feld





## Beispiel 2: Bürogebäude (Brunnen)

### Planung und Zulassung

#### Anlage

1 Förder- und 1 Versenkbrunnen, jeweils rd. 85 m tief  
Förder-/Versenkrate, gesamt: 15 l/s in max. 7.000 h/a  
Inbetriebnahme Ende 2004

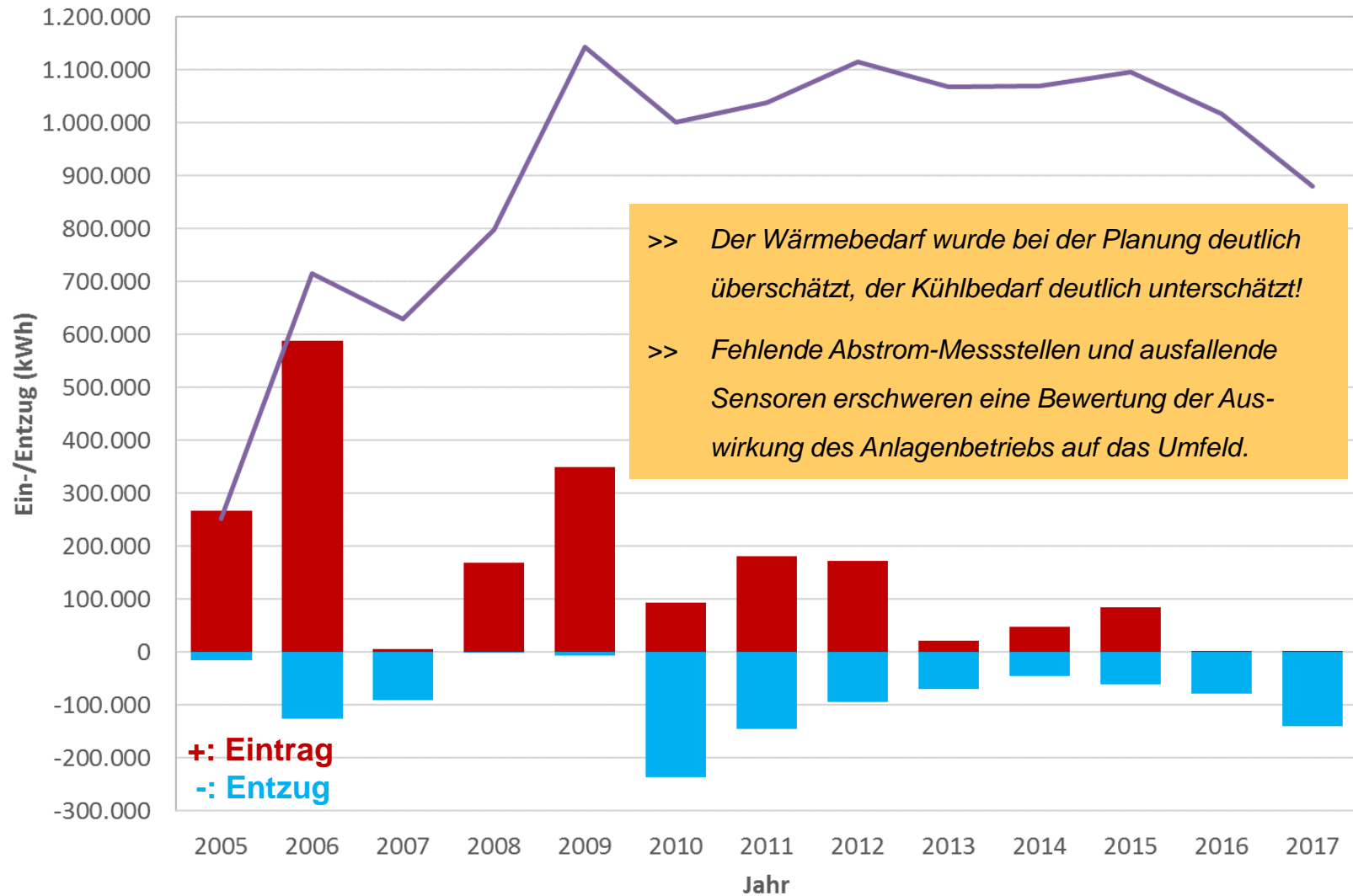
#### Planung, Antrag, Zulassung

„Zur Erhaltung des natürlichen Temperaturniveaus des Grundwassers im Umfeld der Brunnen-dublette darf die Differenz zwischen Energieentzug und Energieeintrag für die jeweils vorausgegangenen 3 Heiz- und 3 Kühlperioden (entsprechend 3 Jahre) 5% nicht überschreiten.

Die Unternehmerin muss nachweislich einen Bilanzausgleich anstreben und hat dies zu dokumentieren. Hierzu ist der monatliche Energieentzug (Heizfall) und der monatliche Energieeintrag (Kühlfall) regelmäßig monatlich aufzuzeichnen. Die Art und Weise der Nachweisführung ist vorab mit den Behörden abzustimmen.“

## Beispiel 2: Bürogebäude (Brunnen)

### Ergebnis Monitoring



# Beispiel 3: Bürogebäude (Brunnen)

## Planung und Zulassung

### Anlage

2 Förder- und 2 Versenkbrunnen, jeweils rd. 135 m tief

Förder-/Versenkmenge: 30 l/s in max. 7.000 h/a

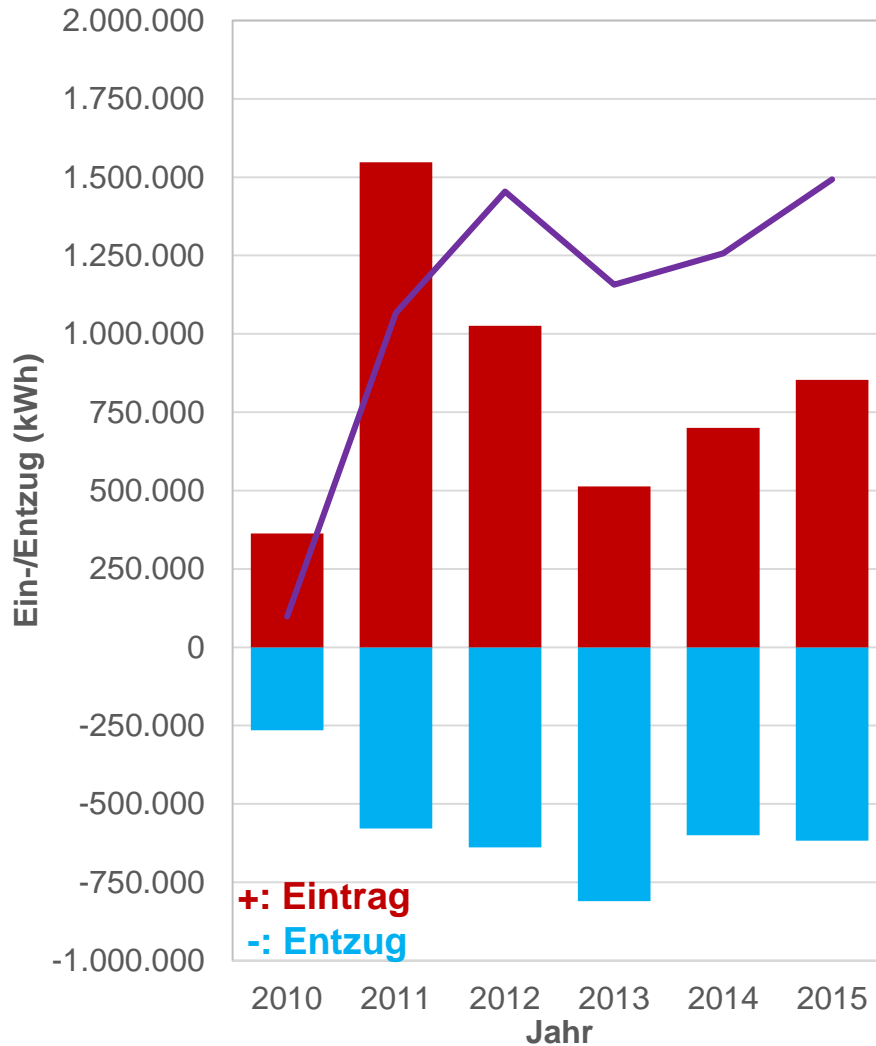
Wärmeeintrag in das Grundwasser: 920 MWh/a

Wärmeaustrag aus dem Grundwasser: 1.060 MWh/a

### Planung, Antrag, Zulassung

„Für einen grundwasserschonenden und nachhaltigen Anlagenbetrieb wird dem Untergrund mehr Wärme entzogen als zugeführt. Eine langfristige Erwärmung des Grundwassers ist somit ausgeschlossen.“

## Beispiel 3: Bürogebäude (Brunnen) Ergebnis Monitoring



- >> *Der Wärmebedarf wurde bei der Planung deutlich überschätzt, der Kühlbedarf deutlich unterschätzt!*
- >> *Fehlende Abstrom-Messstellen und ausfallende Sensoren erschweren eine Bewertung der Auswirkung des Anlagenbetriebs auf das Umfeld.*

# Beispiel 4: Öffentliches Gebäude (EWS)

## Planung

**Anlage:** 30 EWS à 100 m

### Heizen

Heizleistung der Wärmepumpe: 100 kW

Jahresheizarbeit: 100 MWh/a (1.000 h/a)

Verdampferleistung Heizen Sondenfeld (JAZ = 4): 75 kW

**Wärmeentzug aus dem Boden pro Jahr: 75 kW × 1.000 h = 75 MWh/a**

### Kühlen

Kühlleistung der Kältemaschine: 100 kW

Jahreskühlarbeit: 60 MWh/a (600 h/a)

Kondensatorleistung Kühlen (JAZ = 4) : 125 kW

**Wärmeeintrag in den Boden pro Jahr: 125 kW × 600 h/a = 75 MWh/a**



# Beispiel 4: Öffentliches Gebäude (EWS)

## Zulassung

Die Erlaubnis enthält u. a. folgende Nebenbestimmungen:

### „ausgeglichener Betrieb“

Das EWS-Feld ist innerhalb eines Bilanzzeitraumes von 2 aufeinander folgenden Heiz- und Kühlperioden stets ausgeglichen zu betreiben. Es darf nicht mehr Wärme in den Untergrund abgegeben werden als entnommen wird. Ebenso darf der Wärmeentzug den Wärmeeintrag nicht überschreiten.

Die in der Antragsergänzung genannten Wärme- und Kältemengen, die dem Untergrund entzogen werden, sind einzuhalten.

### Monitoring zum Nachweis des ausgeglichenen Betriebs

Die im Wärmepumpen- und Wärmetauscherkreis und Sammlerschächten gemessenen Temperaturen sind aufzuzeichnen und digital zu archivieren. Der Zulassungsbehörde ist jährlich zum 31.01. ein Bericht über die an den Temperaturfühler gemessenen Temperaturen sowie die entnommenen und eingespeisten Wärmemengen vorzulegen. Eine schriftliche Auswertung dieser Daten ist beizufügen.

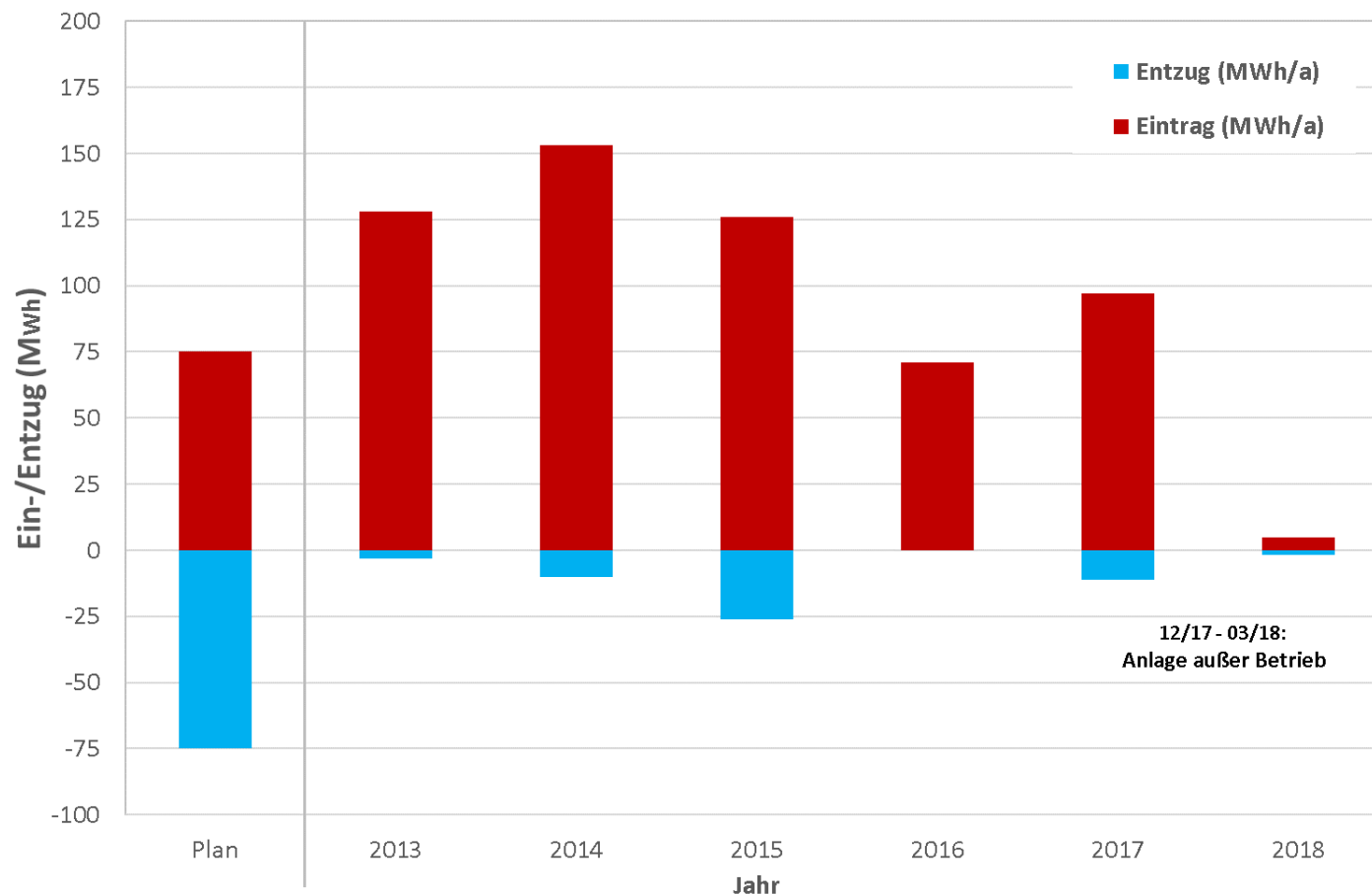
Aus der im Abstrom des EWS-Feldes zu errichtenden GWM sind in den ersten 2 Jahren nach Inbetriebnahme regelmäßig vierteljährlich Temperaturprofile mit einer vertikalen Auflösung von max. 5 m zu messen. Zeitgleich sind die Grundwasserstände zu messen und zu dokumentieren.

# Beispiel 4: Öffentliches Gebäude (EWS)

## Ergebnis Monitoring

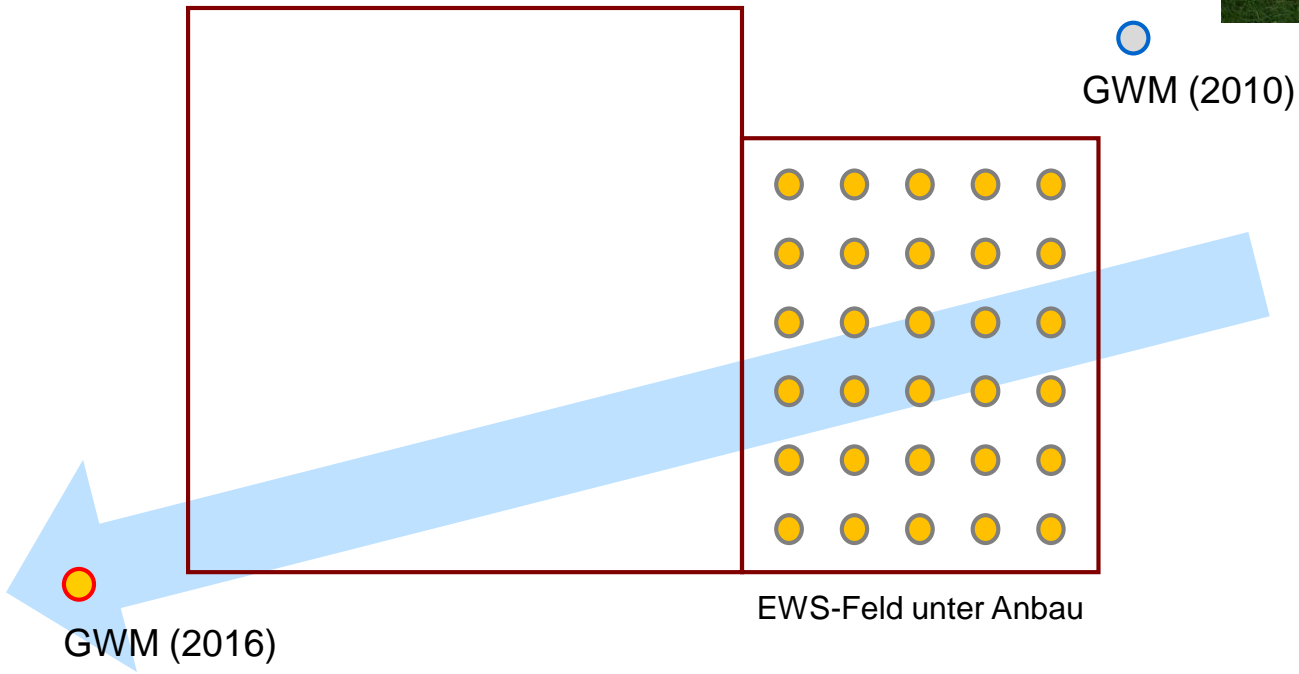
Inbetriebnahme der Anlage Ende 2011

Lieferung der ersten Monitoringdaten zur Wärmebilanz Ende 2014



# Beispiel 4: Öffentliches Gebäude (EWS)

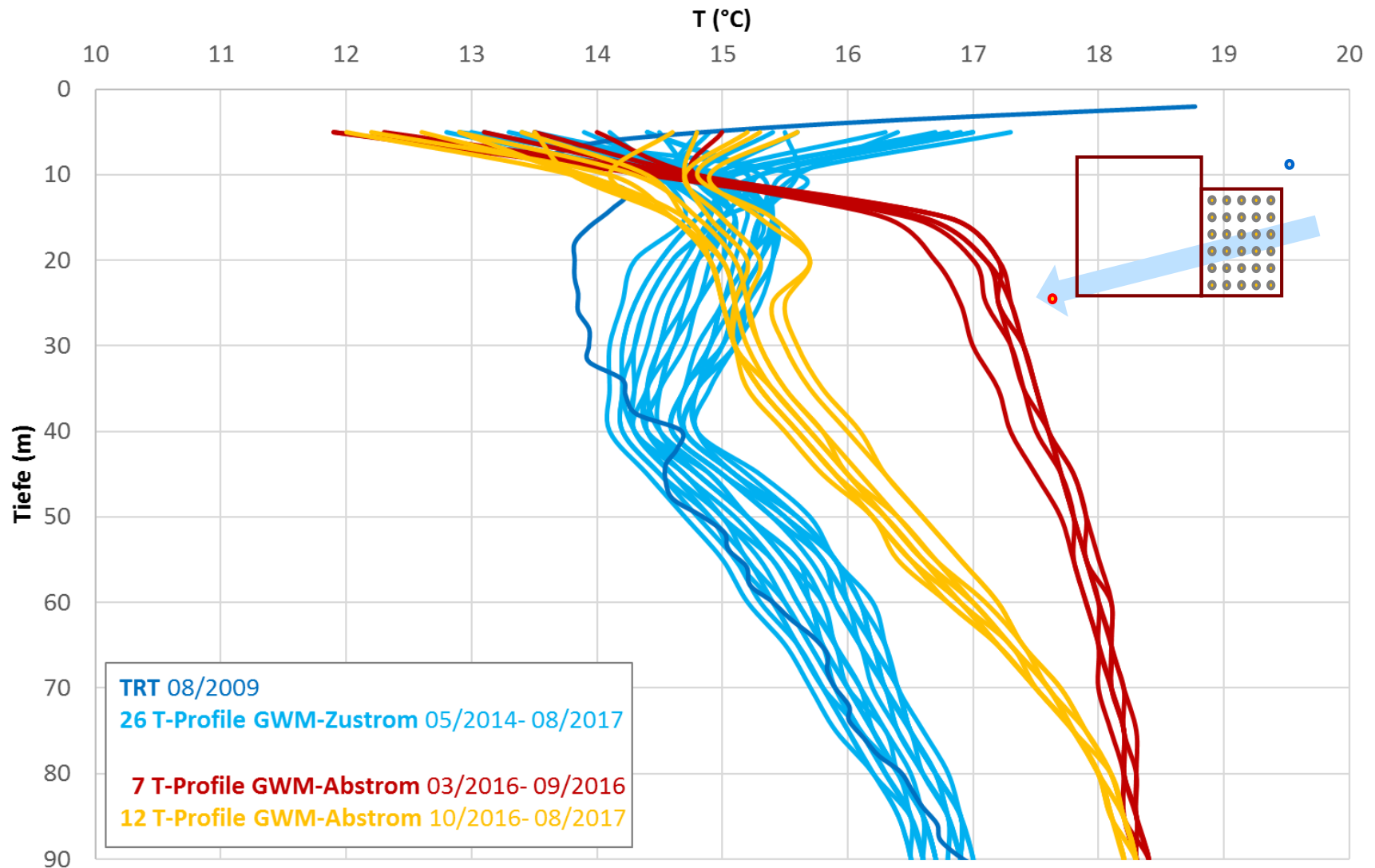
## Ergebnis Monitoring





# Beispiel 4: Öffentliches Gebäude (EWS)

## Ergebnis Monitoring



# Beispiel 5: Industrie (Brunnen)

## Planung

### Anlage

3 Förder- und 3 Versenkbrunnen, jeweils rd. 95 m tief

Förder-/Versenkrate, gesamt: 198 m<sup>3</sup>/h entsprechend max. 720.000 m<sup>3</sup>/a

Inbetriebnahme Ende 2014

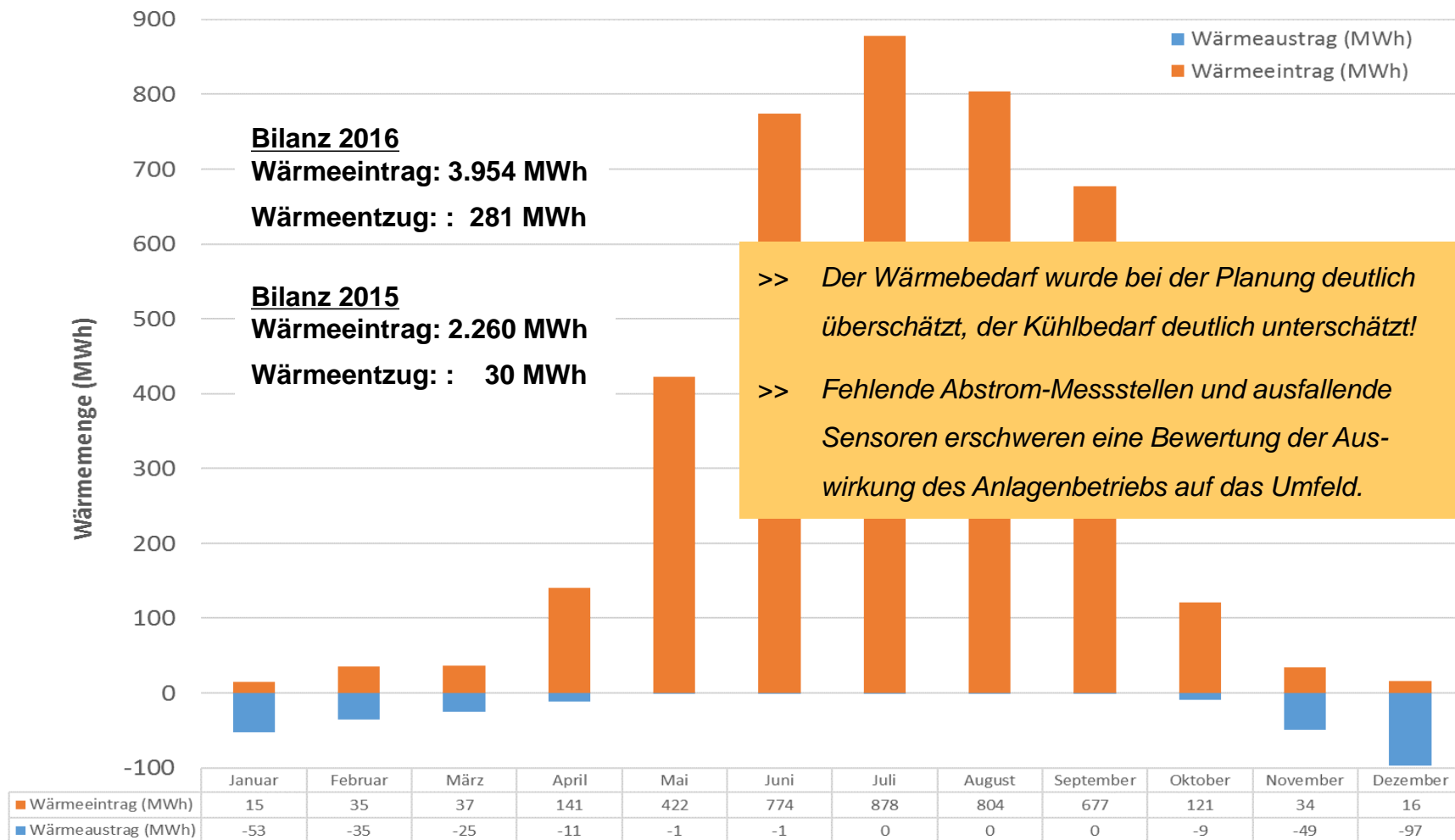
### Planung, Antrag, Zulassung

	Leistung (kW)	Laufzeit/a (h)	Wärmemenge (MWh/a)
<u>Untergrund</u>			
Wärmeentzug (Winter)	≤ 950	1.830	<b>1.750</b>
Wärmeeintrag (Sommer)	≤ 950	1.830	<b>1.750</b>

**Der ausgeglichene Betrieb der Anlage war eine wesentliche Grundlage des Genehmigungsverfahrens!**

# Beispiel 5: Industrie (Brunnen)

## Ergebnis des Monitorings 2016



**Gesamtfördermenge 2016: rd. 800.000 m<sup>3</sup> (geplant: 720.000 m<sup>3</sup>)**  
**für Kühlung: rd. 650.000 m<sup>3</sup> (geplant: 360.000 m<sup>3</sup>)**

# Beispiel 6: Öffentliches Gebäude

## Inbetriebnahme gerade erfolgt

24 EWS a 150 m	Leistung (kW)	Energie (MWh/a)
Wärmebedarf	230	300
Kühlbedarf	160	210

>> Keine Abstrom-Messstelle vorhanden!

### 2009: Vorplanung

„Die Monatsbilanzen sollten bis zur Ausführungsplanung für das EWS-Feldes vorliegen.“

### 2015: Antragsunterlagen

„Monatsbilanzen sind gebäudeseitig nicht bestimmt. Daher erfolgte eine Verwendung eigener Erfahrungswerte anderer Projekte, jedoch ohne Gewähr.“

### 2017: Ergänzende Erläuterung

„Die Angaben zum Heiz- und Kühlbedarf sind gebäudeseitig vorgegeben, allerdings mangels Gebäudesimulation ohne eine Verteilung der Heiz- und Kühlarbeit auf einzelne Monate des Jahres (Monatsbilanz).

Daher wurden Ansätze aus Monatsbilanzen anderer Projekte abgeleitet (Erfahrungswerte).“

## Lessons learned

- Ein im Vergleich zum Heizbedarf großer Kühlbedarf besteht nur bei gewerblich und öffentlich genutzten Gebäuden.
- Der reale Wärme- und Kühlbedarf großer Gebäude weicht regelmäßig von Planung, Antrag und Genehmigung ab. Der Kühlbedarf wird hierbei regelmäßig unterschätzt, der Heizbedarf eher überschätzt.
- Die für den Betrieb großer geothermischer Anlagen zuständigen Techniker kennen häufig weder die vom Antragsteller im Genehmigungsverfahren gemachten Angaben zum Heiz- und Kühlbedarf, noch die diesbezüglichen Nebenbestimmungen der Genehmigungsbescheide. Durch diese mangelnde Kommunikation resultiert eine hohe Wahrscheinlichkeit eines von der Planung und Genehmigung abweichenden Betriebs der Anlage.
- Nur durch ein thermisches Monitoring kann die Behörde sicherstellen, dass die Auswirkungen des Anlagenbetriebs im erwarteten bzw. genehmigten Rahmen liegen. Das thermische Monitoring wird jedoch bisher nicht in allen Fällen gefordert.
- Wird ein thermisches Monitoring behördlicherseits gefordert, werden die Monitoringberichte von den Genehmigungsbehörden nicht immer ausgewertet.



## Lessons learned

- Die geforderten Monitoringmaßnahmen sowie deren Dokumentationen unterscheiden sich von Projekt zu Projekt z. T. sehr deutlich – eine Vereinheitlichung erscheint sinnvoll.
- In den Dokumentationen sollten die Ergebnisse des thermischen Monitorings im Hinblick auf die Einhaltung von Nebenbestimmungen bewertet und ggfs. erforderliche Maßnahmen erläutert werden.
- Nur Messstellen, die nicht Bestandteil der geothermischen Anlage sind, z. B. Grundwassermessstellen, ermöglichen eine von der Anlage und deren Technik unabhängige Überwachung von Temperaturänderungen, insbesondere im Abstrom.
- Das thermische Monitoring ist offenbar fehleranfällig: Sensoren (Temperatur, Durchfluss) bzw. Wärmemengenzähler fielen bei Monitoringmaßnahmen in Hessen in der Vergangenheit immer wieder aus.



## Zusammenfassung

Die behördliche Überwachung des Betriebs und der Auswirkungen großer geothermischer Anlagen auf das Grundwasser stellen eine notwendige Voraussetzung für die thermische Bewirtschaftung des Grundwassers in urbanen Räumen dar. Ohne behördliche Überwachung und ein ggfs. notwendiges Eingreifen der Behörde, werden ein wirksamer Schutz und die hierzu gehörende nachhaltige Bewirtschaftung des Grundwassers im urbanen Bereich nicht möglich sein.

**Ausführliche Darstellung des Themas in der Ausgabe 06-2018 der Zeitschrift bbr**

Bildnachweis (Männchen):  
von 3dman\_eu auf [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com) zur freien kommerziellen Nutzung zur Verfügung gestellt.