

Thermische Wechselwirkungen zwischen benachbarten
Erdwärmesondensystemen: Praxisnahe Softwarelösung für
Entwurf, Planung und Genehmigung

12. Norddeutsche Geothermietagung, 05.-07. Mai 2021

DR HENK J.L. WITTE

G E O E N E R G Y S Y S T E M S
GROENHOLLAND

**VALSCHERKKADE 26
1059 CD AMSTERDAM
THE NETHERLANDS**

**+31 (0)20 6159050
www.groenholland.com**

G E O E N E R G Y S Y S T E M S
GROENHOLLAND

**NL OFFICE: VALSCHERKKADE 26; 1059 CD AMSTERDAM; THE NETHERLANDS
UK OFFICE: 22 MANOR CLOSE; HAVANT; HAMPSHIRE; PO9 1BD; UK
WWW.GROENHOLLAND.NL WWW.GROENHOLLAND.COM**

2014: NEUE GESETZGEBUNG

- **Nationales Gesetz zur Regelung von Aspekten von Erdwärmesystemen**

- Wachstum stimulieren und gleichzeitig Umwelt und Eigentümer schützen
- Zertifizierung vorgeschrieben
- Rechtliche Anforderungen Aspekte der Konstruktion

- Genehmigung von größeren Anlagen
- Registrierung auch von kleinen Systemen

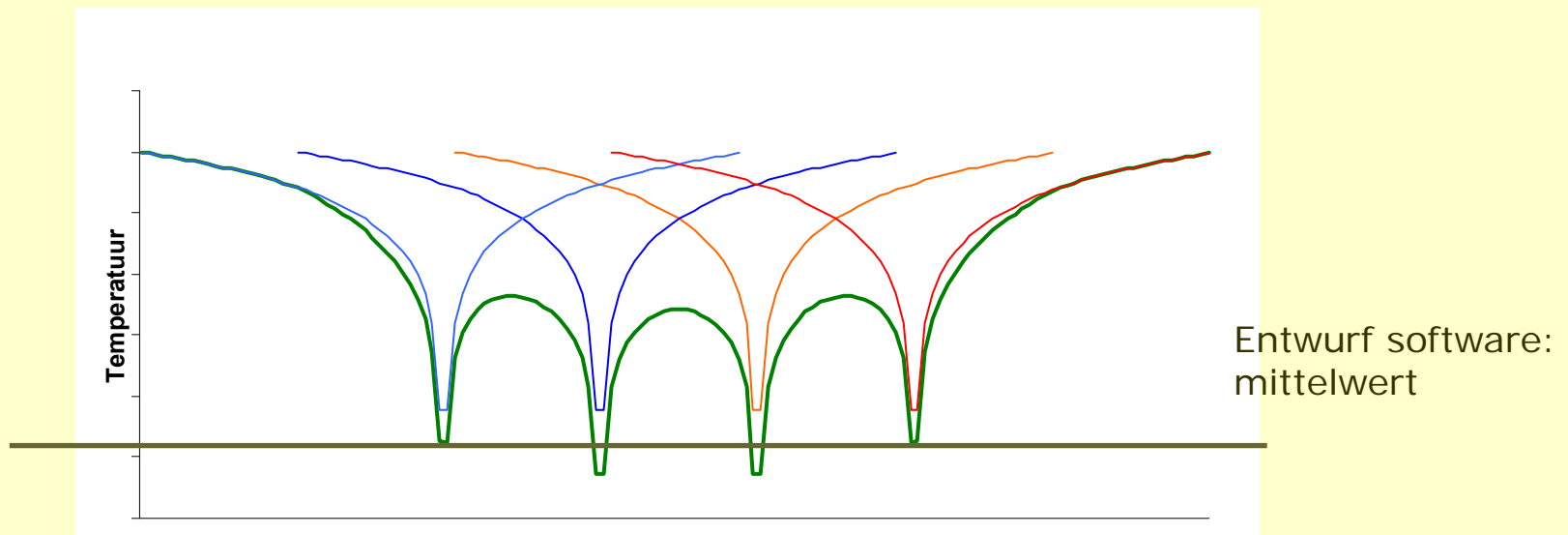
- Etwa 50.000 installierte Systeme, 8000 - 10000 neue Systeme pro Jahr

Bedenken über negative thermische Wechselwirkungen zwischen Nachbarn

Das Gesetz verlangt den Nachweis, dass keine negative Beeinflussung vorliegt

THERMISCHE WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN SYSTEMEN

- Wenn sich die thermische Zone mehrerer Systeme überschneidet, müssen sie addiert werden (Superpositionsprinzip)
- Zu große thermische Wechselwirkungen: negative Interferenz



THERMISCHE WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN SYSTEMEN

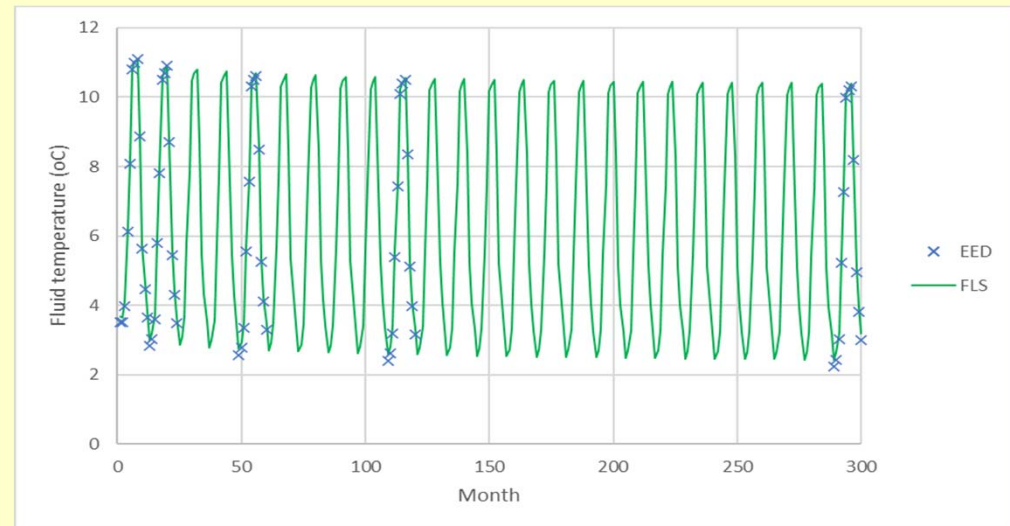
- **Kann nicht mit Standard-Auslegungssoftware bewertet werden :**
 - **Berechnet nur ein Erdwärmesonden-Sammelfeld**
 - Ein Energiebedarfsprofil
 - Alle BHE's gleiche Tiefe
 - Alle BHE's gleiche Verfüllung, Durchmesser, Durchflussmenge, Betriebsmittel etc.
 - Alle BHE's äquidistant
 - *Realität:*
 - *Alle Systeme können unterschiedliche Energiebedarfsprofile und Kapazitäten haben*
 - *Alle BHE's sind unterschiedlich*
 - *Alle BHE's sind willkürlich im Raum angeordnet*
 - **Entwurf Erdwärmesonden-Sammelfeld, Betriebsmittel-Temperatur gemischt zentraler BHE niedrigerer Ertrag**
 - *Realität : Einzelsysteme, Flüssigkeitstemperatur nicht gemischt und zentrale EWS hat ein niedrigere Temperatur*

SOFTWARE ZUR ANALYSE WECHSELWIRKUNGEN

Neue Berechnungssoftware entwickelt (2011 / 2020) "integrated Ground Source Engineering Toolkit" (iGSET)

- Verwendung der unendlichen und endlichen Linienquellenmethode
- Beide Methoden sind gut bekannt und validiert, unsere Implementierung ermöglicht eine extrem schnelle Berechnung der Temperaturwechselwirkungen zwischen verschiedenen Systemen

- **Entwurf, angewendet**
- **Planung, Programm**
- **Genehmigung, einfaches excel Methode**

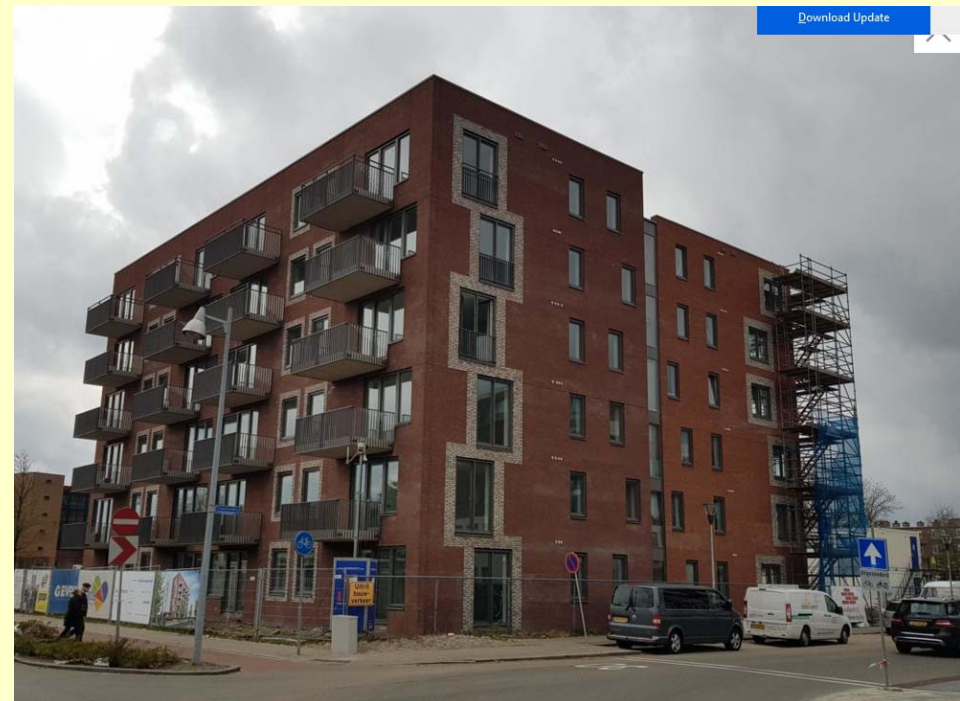
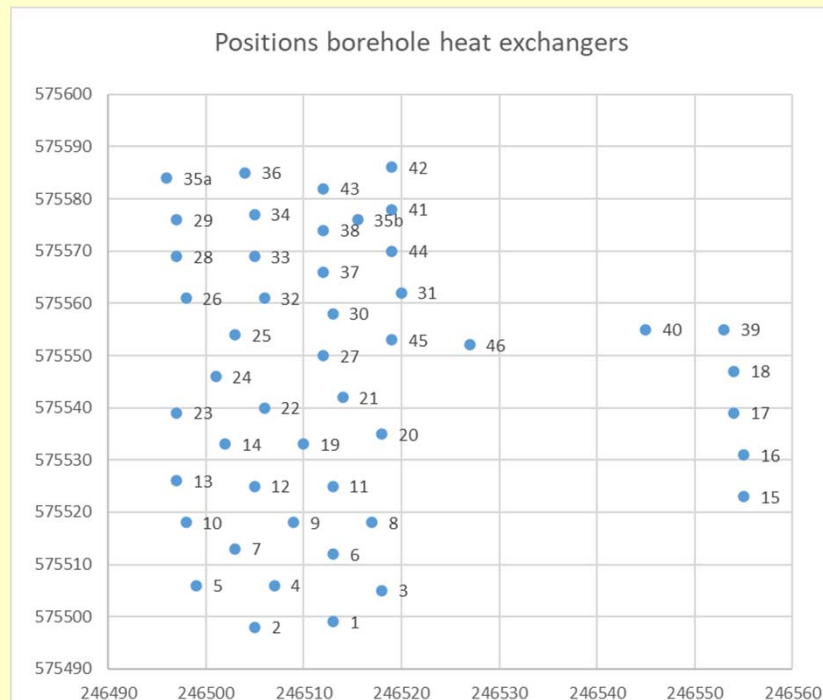


TEIL 1

ENTWURF

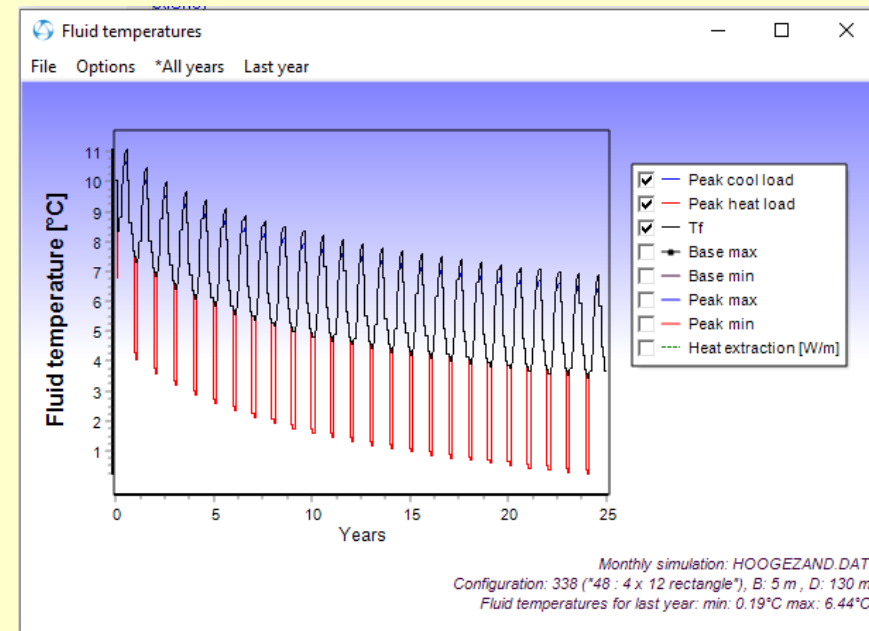
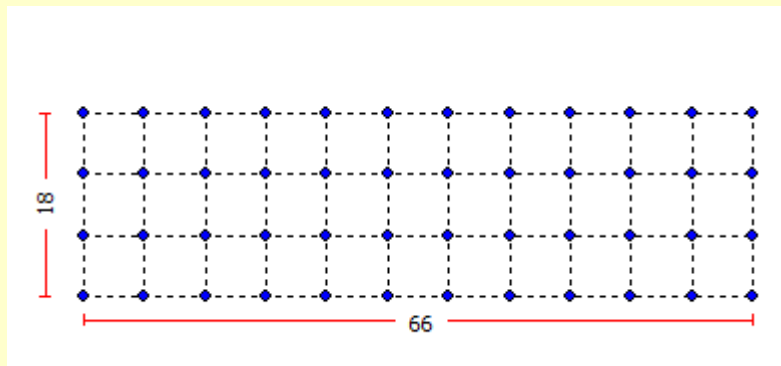
iGSET : ANWENDUNG IN DEM INTEGRIERTEN ENTWURF

- In vielen Fällen erfolgt eine Auslegung für viele einzelne Systeme in einem Projekt
- Alle mit unterschiedlichen BHE-Positionen und unterschiedlichen Energiebedarfsprofilen
- Beispiel: 46 Wohnungen mit individuellen Wärmepumpen / Erdwärmesonden (Hoogezand, Groningen)



iGSET : ANWENDUNG IN DEM INTEGRIERTEN ENTWURF

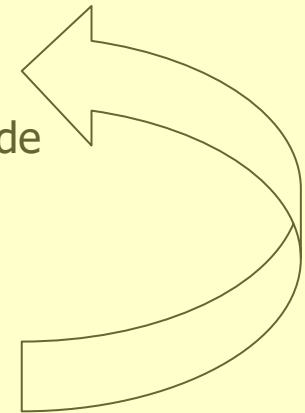
- In diesem Fall haben alle 46 Apartments den gleichen Energiebedarf:
- Heizung: 3.78 MWh, HW: 1.03 MWh, Kühlung: 1.31 MWh
 - Wärmepumpe Kapazität : 3.2 kW
 - COP S0/W35: 4.1, S0/W55: 2.8, cooling: 10.3
- Standardausführung Earth Energy Designer
 - Wählen ein Bohrlochlayout, das dem tatsächlichen Layout entspricht
 - Alle anderen Daten eingeben
 - F10: 46 x 130 m. = 5980 m



iGSET : ANWENDUNG IN DEM INTEGRIERTEN ENTWURF

- **Integrierten Entwurf: Wie funktioniert es? :**

- 0: Für jedes System (unterschiedliches Energiebedarfsprofil):
 - Berechnung der Temperatur des Betriebsmittels für ein Einzelsystem (z. B. EED/EWS), mit Länge vom Gesamtdesign
- 1: Für alle Systeme zusammen:
 - Berechnung der Temperaturwechselwirkungen mit der FLS-Methode
- 2: Unterschied zwischen diesen beiden Temperaturen:
 - Neue gewünschte Auslegungstemperatur
- 3: Für jedes System:
 - Berechnung der neuen Länge mit neuer Auslegungstemperatur



- Derzeit: iterative Methode iGSET und Design-Tool (EED/EWS)
- Die endgültige Version sieht die vollständige Integration dieses Verfahrens in iGSET vor

iGSET : ANWENDUNG IN DEM INTEGRIERTEN ENTWURF

- **Ergebnis: klassisches Design:**

- 46 x 130 m. = 5980 m
- Kollektiver entwurf, Temp. = 0°C
- Einzelsystem entwurf, Temp. = 3.97 °C

- **Tatsächliche Wechselwirkungen iGSET:**

Wechselwirkungen liegen zwischen
-0.9 und -5.3K

=> Kollektive Auslegung kompensiert 3.97 oC
Wechselwirkungen gemittelt:

Z.b.: Wechselwirkung -0.9K, Einzelanlage +3.97 °C, eine Überdimensionierung von +3.07K

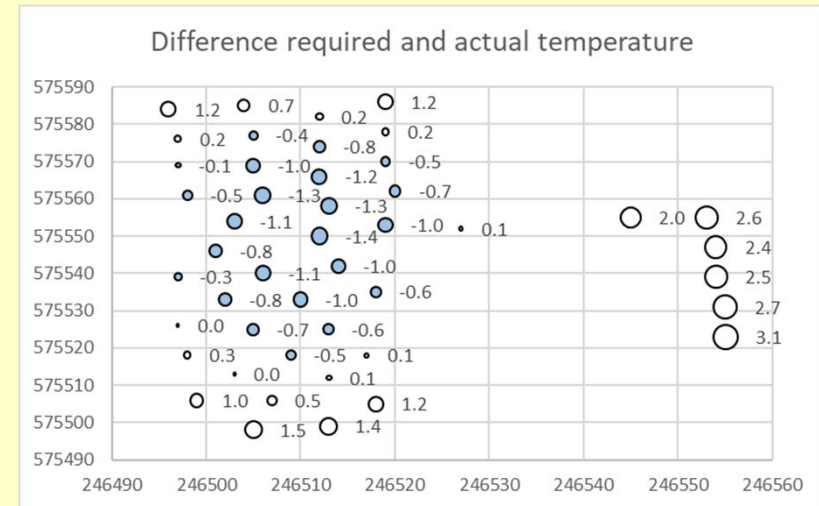
- Länge EWS reduzieren

Z.b.: Wechselwirkung -5.3K, Einzelanlage +3.97 °C: eine Unterdimensionierung -1.33K

- Länge EWS vergrößern

- **Verwenden berechneten Temperatureffekte: Auslegungszieltemperatur anpassen (iteratives Verfahren) un neuer entwurf berechnung**

- Mittlere Tiefe : 106 m
- Bohren gesamt : 4900 m
- Sparen : 16%

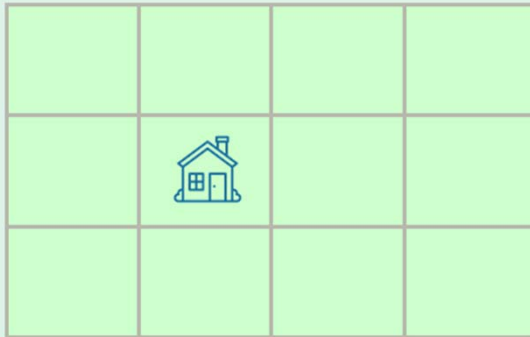


TEIL 2

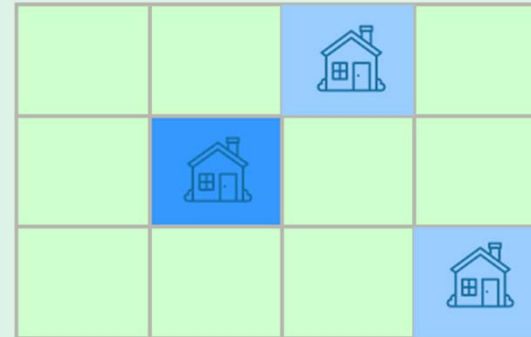
PLANUNG

iGSET : ANWENDUNG IN DER PLANUNG

- **First system installed**



- **New systems, small effects**



- **More systems, larger effects**

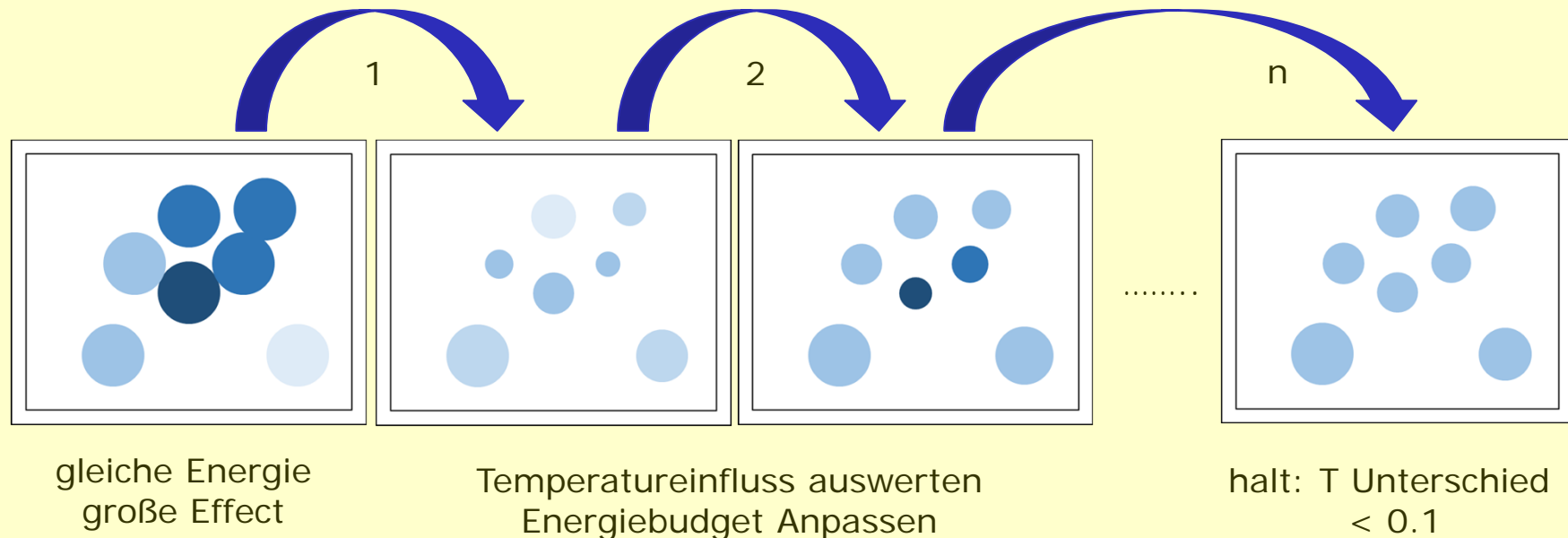


iGSET : ANWENDUNG IN DER PLANUNG

- **Die Genehmigung für einzelne Systeme ist: Wer zuerst kommt, malt zuerst**
 - Nur bestehende Systeme berücksichtigen, zukünftige Systeme können nicht bewertet werden
 - Bei großflächigen Erschließungen führt dies zu einer suboptimalen Nutzung der Bodenquelle
- **Der Regulator (Gemeinde) kann einen "Störbereich" festlegen**
- **Ein Erdwärmepflegeplan legt die Regeln für jedes System fest**
 - Bohrprozess und Anforderungen an die Verfüllung
 - Harmonisierung von Auslegungsparametern (z. B. Erdwärmepflegeparameter)
 - Standortspezifisch: Grundwasserschutz, Archäologie, ...
 - Optimierung der Nutzung der geothermischen Bodenquelle

iGSET : ANWENDUNG IN DER PLANUNG

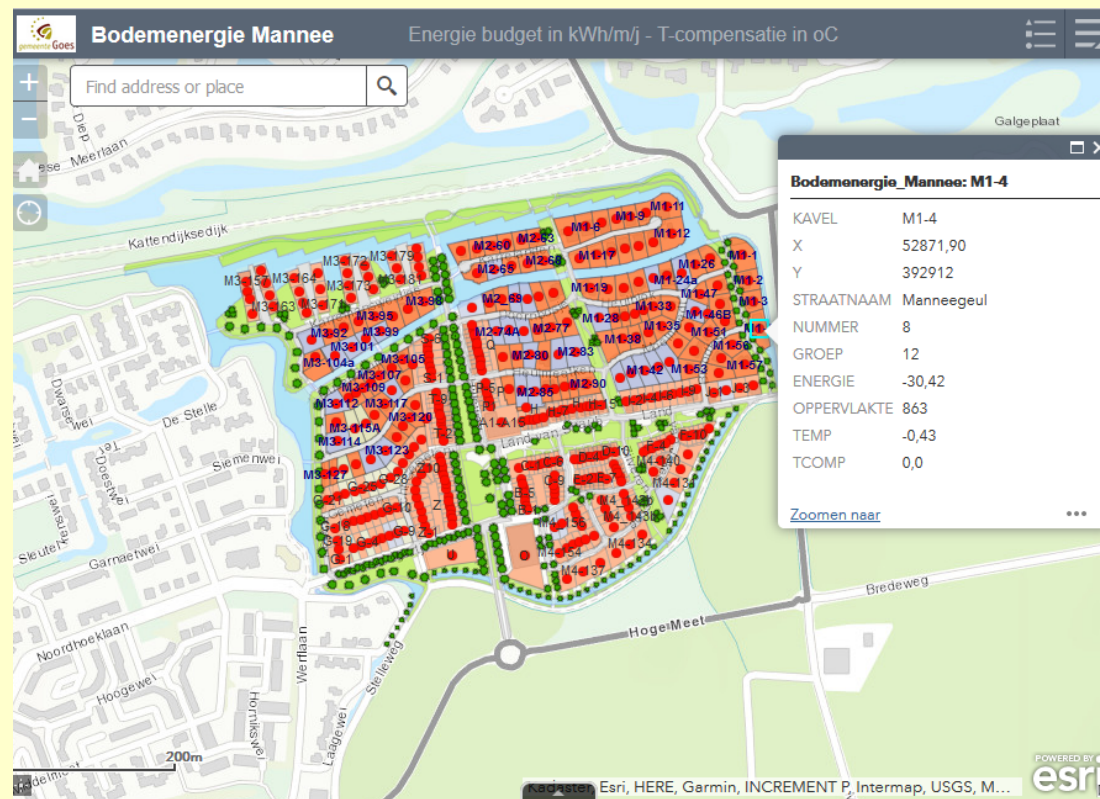
- **Optimierung der Nutzung der geothermischen Bodenquelle**
- **Das implementierte ILS/FLS-Berechnungsmodell ist extrem schnell**
- **Optimierung:**
 - Ein möglichst großes Energiebudget zuweisen
 - Temperatureinwirkungen innerhalb der vereinbarten Grenzen
 - Energiebudgets möglichst gleichmäßig verteilen
- **Iterativer Prozess**



iGSET : ANWENDUNG IN DER PLANUNG

- **Ergebnis**

- Begrenzung der jährlichen Energiegewinnung
- Hängt nicht von der Kenntnis des tatsächlichen Energieverbrauchs des Gebäudes ab
- Der Konstrukteur ist weiterhin für den Systementwurf verantwortlich



TEIL 3

GENEHMIGUNG

ITGBES : ANWENDUNG FÜR DIE GENEHMIGUNG

- **Einfache Methodik zur Bewertung von negative interferenz für Behörden**

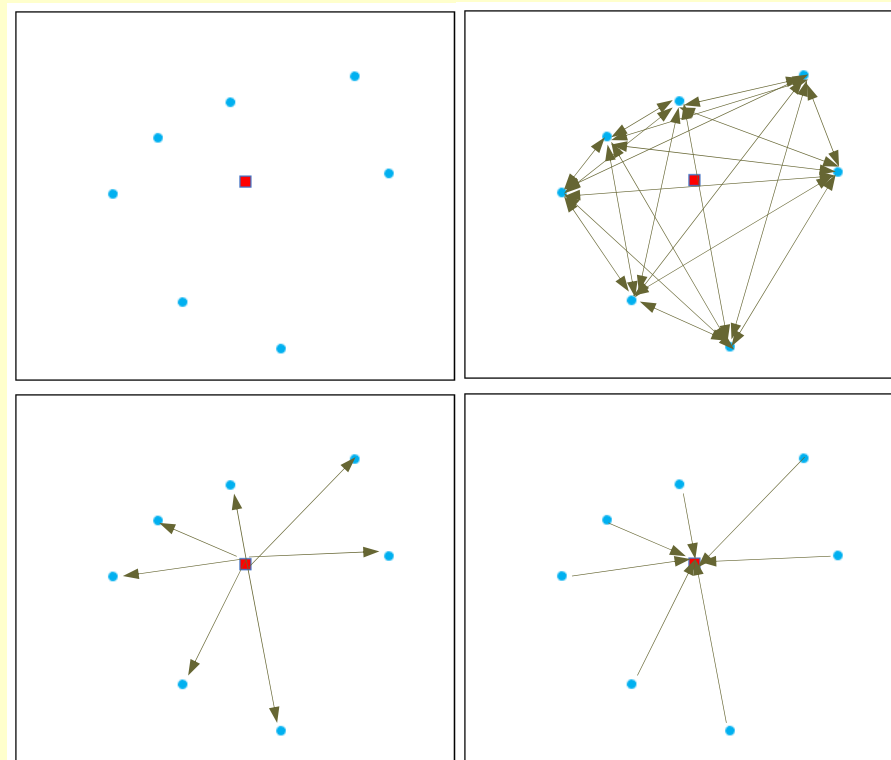
- 2013: Ministerium für Infrastruktur und Umwelt beauftragt, eine vereinfachte Methodik zu entwickeln
- 2020: Methodik aktualisiert und automatisiert
- *ITGBES: Interferentie Tool Gesloten BodemenergieSystemen*
- Methode basierend auf der bekannten und validierten Finite Line Source (FLS)
- Wesentliche Aspekte :
 - alle Systeme auf **kWh/m/Jahr** Heiz- und Kühlenergiebedarf skalieren
 - Temperaturänderung nur an Nachbarorten berechnen
 - FLS-Modell zur Entwicklung von Korrelationen für Excel-Tool verwendet

BUM 8211/8212: <https://www.sikb.nl/bodembeheer/richtlijnen/richtlijn-8200>

ITGBES : ANWENDUNG FÜR DIE GENEHMIGUNG

- **Beispiel**

- 7 bestehende Systeme, 1 neues System
- Interaktionen insgesamt: 56



ITGBES : ANWENDUNG FÜR DIE GENEHMIGUNG

- **Begrenzte Daten aus der regulatorischen Datenbank**
 - Zentrale Systemkoordinate
 - Tiefe und Gesamtlänge EWS
 - Installierte Wärmepumpenleistung
 - Gesamtheizung, Gesamtkühlung und Gesamt-SPF

		(W/mK)	1.9								
Number of systems in analyses (max. 20)		(n)	8								
Input data			1	2	3	4	5	6	7	8	
X-coordinate			52831	52789	52803	52811	52826	52842	52865	52876	
Y-coordinate			392927	392925	392936	392904	392943	392895	392948	392929	
Total length borehole heat exchanger system (number of boreholes x borehole depth)	(m)		80.0	80.0	95.0	80.0	100.0	90.0	95.0	100.0	
Depth of borehole heat exchangers (end-depth of drilled borehole)	(m)		80.0	80.0	95.0	80.0	100.0	90.0	95.0	100.0	
Maximum thermal capacity	kW		6.0	6.4	6.0	6.4	6.0	6.0	6.4	6.4	
Total heating demand	(MWh/jaar)		14.0	15.0	14.0	15.0	14.0	14.0	15.0	15.0	
Total cooling demand	(MWh/jaar)		1.8	2.0	1.5	1.5	1.7	1.6	1.8	2.2	
Seasonal Performance Factor - Heating operation	(SPF)		4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
Seasonal Performance Factor - Cooling operation	(SPF)		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Calculated data											
Net ground heat demand	(MWh/jaar)		10.6	11.3	10.6	11.4	10.6	10.6	11.4	11.3	
Net ground cool demand	(MWh/jaar)		1.9	2.1	1.6	1.6	1.8	1.7	1.9	2.3	
Net ground heat exchange	(MWh/jaar)		-8.7	-9.2	-9.1	-9.8	-8.8	-8.9	-9.5	-9.0	
Specific heat extraction	(kWh/m/jaar)		-132.2	-141.5	-111.9	-142.6	-106.0	-117.9	-119.5	-112.9	
Specific heat injection	(kWh/m/jaar)		23.6	26.3	16.6	19.7	17.9	18.7	19.9	23.1	

ITGBES : ANWENDUNG FÜR DIE GENEHMIGUNG

- **Negative Wechselwirkungen überschreiten Grenzwert (-1.5K, NL)**
 - Auswirkung des neuen Systems auf bestehende Systeme 3 und 4
 - Auswirkung der bestehenden Systeme auf das neue System
 - Wenn negative Wechselwirkungen angezeigt werden:
 - Überprüfung mit genauerer Methode
 - Systemauslegung anpassen (BHE-Länge, Energiebilanz, Auslegungstemperatur)

Temperature effect (K)									
System	1	2	3	4	5	6	7	8	
1		-0.14	-0.27	-0.25	-0.57	-0.21	-0.15	-0.12	
2	-0.14		-0.56	-0.27	-0.15	-0.05	-0.01	0.00	
3	-0.27	-0.52		-0.23	-0.36	-0.07	-0.05	-0.02	
4	-0.28	-0.29	-0.25		-0.16	-0.26	-0.03	-0.03	
5	-0.52	-0.14	-0.34	-0.13		-0.09	-0.15	-0.08	
6	-0.23	-0.05	-0.07	-0.24	-0.10		-0.07	-0.11	
7	-0.17	-0.01	-0.05	-0.03	-0.17	-0.07		-0.43	
8	-0.12	-0.01	-0.02	-0.03	-0.08	-0.10	-0.39		
Total temperature effect:	-1.72	-1.16	-1.56	-1.18	-1.59	-0.84	-0.84	-0.79	

iGSET und ITGBES: Softwarelösungen für die Analyse thermischer Wechselwirkungen

- Seit 2014 ist in den Niederlanden die Problematik mit möglichen thermischen Wechselwirkungen zwischen benachbarten Erdwärmesondensystemen erkannt worden
- Basierend auf einer effizienten Implementierung der Infinite- und Finite-Line-Source-Gleichungen wurden Werkzeuge entwickelt, um diese Wechselwirkungen zu berechnen.
- Um die Berechnung der thermischen Wechselwirkungen zu ermöglichen, wurde ein einfaches Excel-Tool entwickelt, das innerhalb bestimmter Einschränkungen genau ist.
- Diese Tools sind als Dienstleistung oder Produkt erhältlich.
- Ein vollständig integriertes Engineering-Toolkit (einschließlich Slinky und Spiral-GHEX) wird derzeit entwickelt.

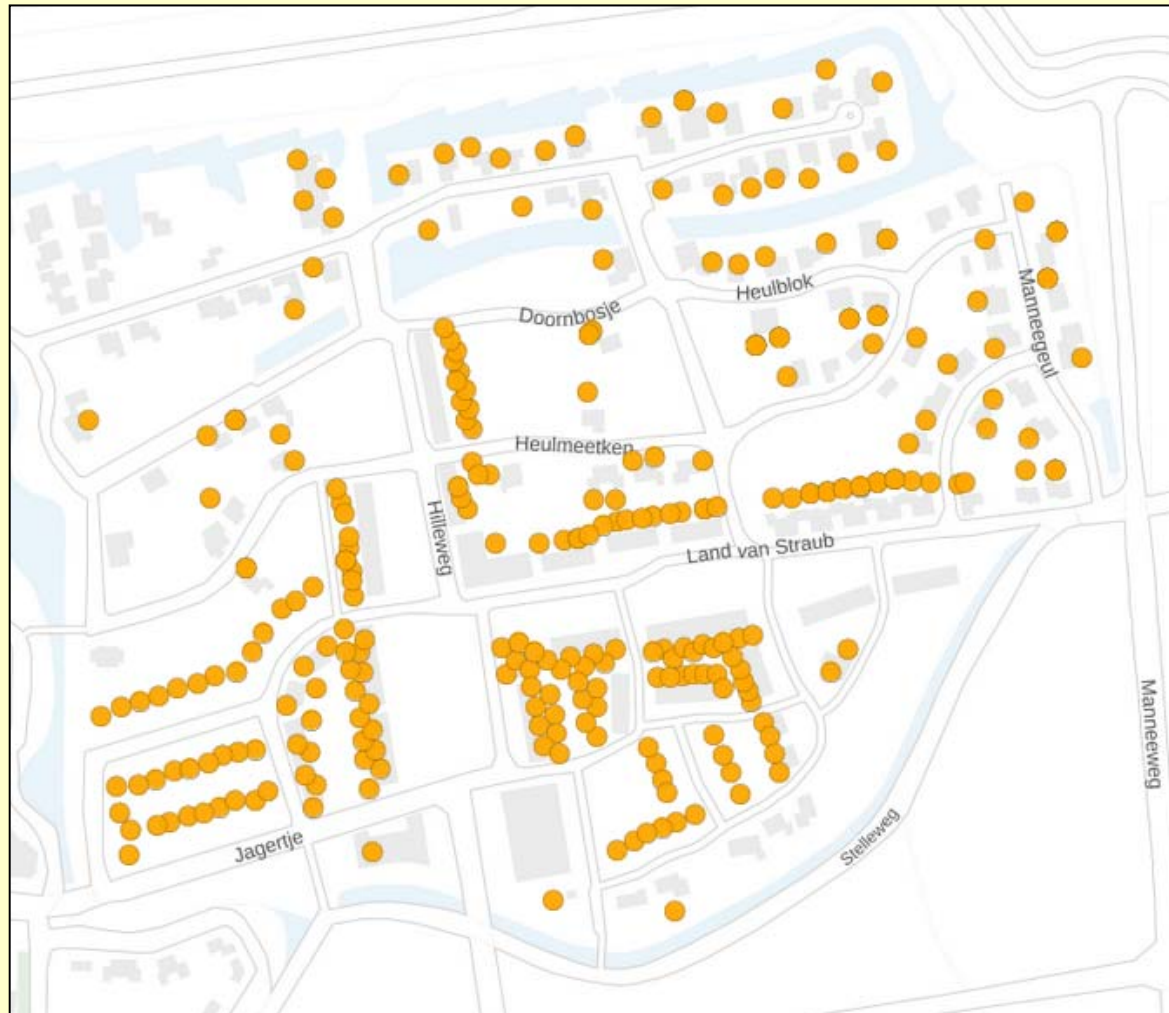
Kontakt: henk.witte@groenholland.nl



G E O E N E R G Y S Y S T E M S
GROENHOLLAND

MARKET DEVELOPMENT NETHERLANDS

- **Ground Source Heat Pump Systems in the Netherlands**



ITGBES : APPLICATION IN PERMITTING

- **What is a neighbouring system?**

- Based on worst case scenario: 240 kWh/m/y heat extraction
- Temperature threshold, lower effect is not considered: -0.1K
- Resulting search radius : 2 x 60 meters (120 meters)

