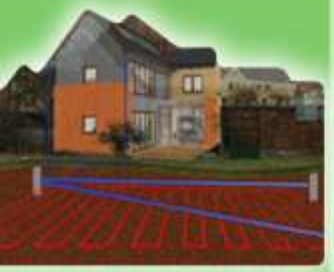
Planungsbüro für Energie und Umwelt **Lindner**

Inhalt

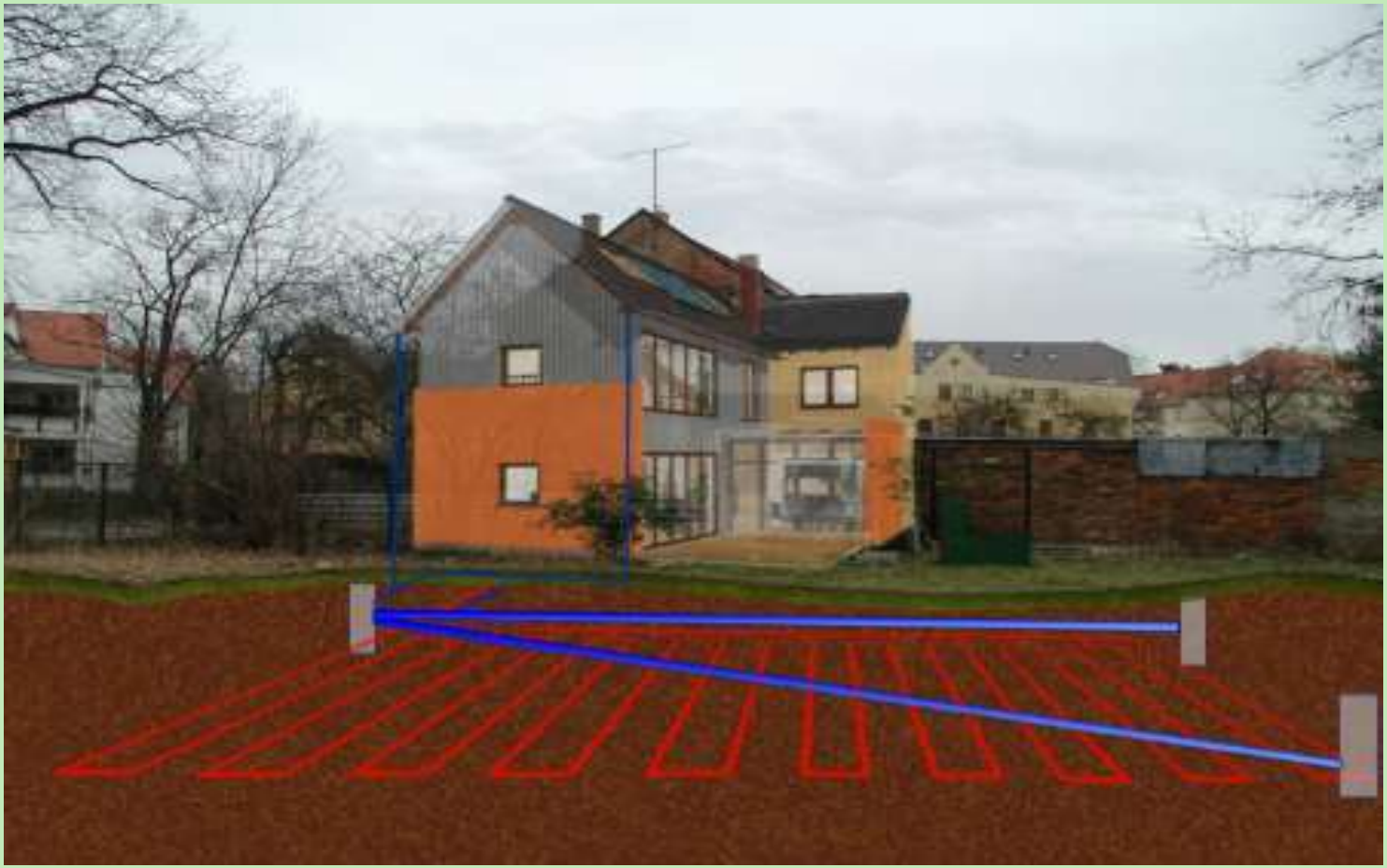
1 Patent
Anordnung und Verlegung von Erdkollektoren in Verbindung mit einem Versickerungssystem
2 Forschung an der UNI-Leipzig im Auftrag der ZAE Bayern
(Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung)
3 Anwendung des Systems für ein großes Eigenheim in Bad Lausik
4 Unterstützung der Dissertation Verbesserung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen durch Kombination mit einem Regenwasser-Versickerungssystem für Erdkollektoren
5 Diplomarbeit an der HTWK – Untersuchung zum Einsatz von regenerativen Energien
6 Diplomarbeit an der HTWK – Entwurf einer Erdwärmesiedlung
7 Konzepte für vertiefende Forschung an Erdwärmekollektoren in Kombination mit einem Versickerungssystem

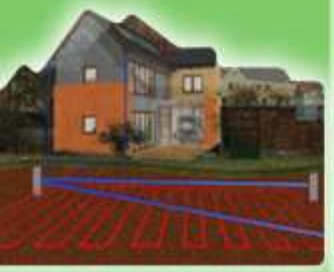
Innovationszentrum für regenerative Energien (IRE)
Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner
Ing.-Büro für Heizung - Lüftung - Sanitär - Fernwärme - Rohrbau - Solar
VDI - VBI - TÜV-Zulassung Software - Multimedia-Präsentationen

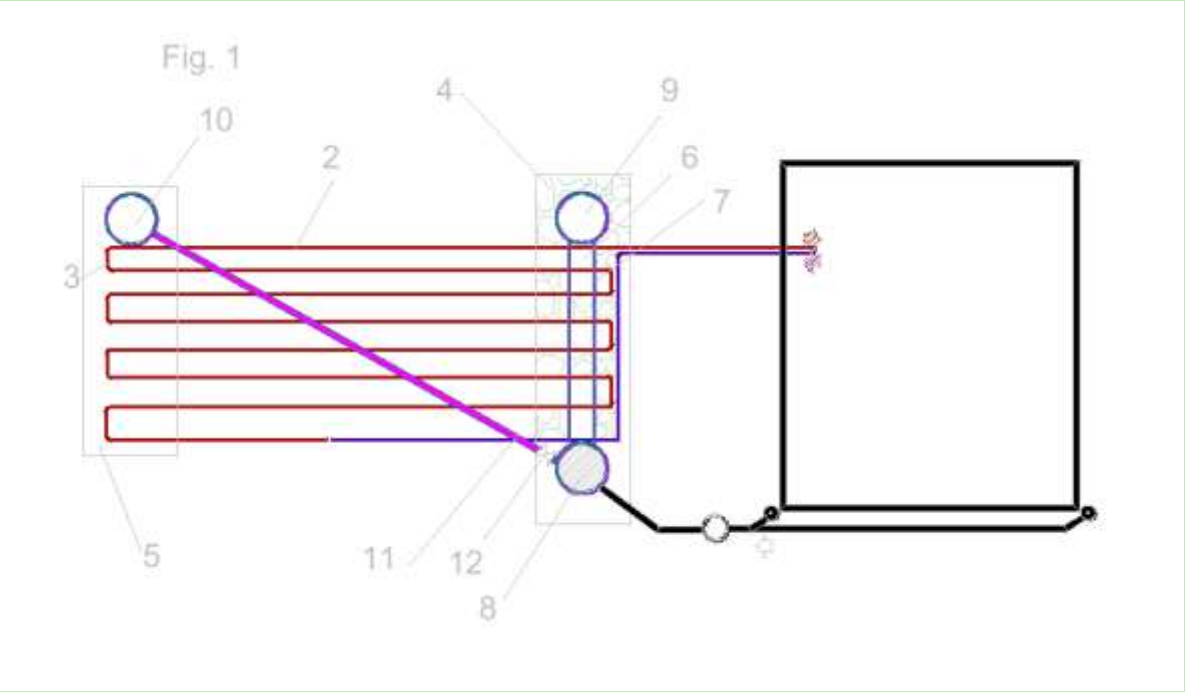


Die Idee

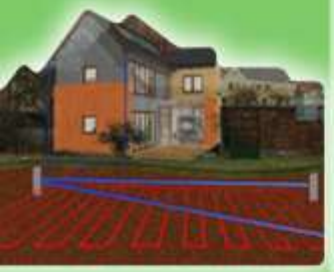
Erdkollektoren mit einem Versickerungssystem







1	Erdkollektor
2	Kunststoffrohr
3	Verbindungsbogen
4	Rohrgraben-Startgraben
5	Rohrgraben-Zielgraben
6	Versickerungssystem
7	Versickerungsrohr
8	Kontroll- und Verteilerschacht
9	Kontroll- und Spülschacht
10	Vliesummanteltes Drainagerohr
11	Absperrorgan



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

URKUNDE

über die Erteilung des

Patents

Nr. 102 00 106

IPC
F24J 3/08 (2006.01)

Bezeichnung
Anordnung und Verlegung von Rohrleitungen für einen Erdkollektor in Kombination mit einem Versickerungssystem

Patentinhaber
Lindner, Lothar, 04416 Markkleeberg, DE

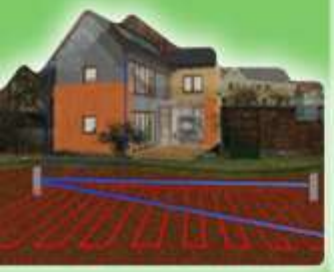
Erfinder
Lindner, Lothar, Dipl.-Ing., 04416 Markkleeberg, DE; Parsiegla, Dietrich, Dipl.-Ing., 04129 Leipzig, DE; Reimann, Detlef, 04451 Borsdorf, DE; Adametz, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing., 04821 Brandis, DE; u.a.

Tag der Anmeldung
03.01.2002

München, den 12.01.2006

Der Präsident des Deutschen Patent- und Markenamts

Dr. Schade



Hochschule hilft bei Neuentwicklungen

Markkleeberger Ingenieur tüftelt gemeinsam mit Studenten zum Thema Energiesparen

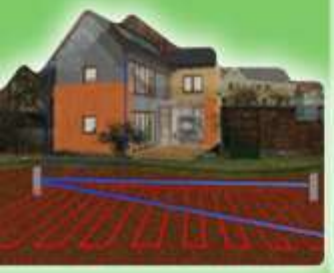
Studenten haben es oft nicht leicht, für die Erarbeitung ihrer Diplomarbeit interessierte Firmen zu finden. Anke Perleß hatte Glück: Im Markkleeberger Ingenieurbüro Lindner beschäftigt sich die 22-Jährige mit erneuerbaren Energien.

„Heute hat doch kaum einer Zeit, die Dinge mal näher zu betrachten", weiß Lothar Lindner, Inhaber des gleichnamigen Markkleeberger Ingenieurbüros. „Als Unternehmen muss man ja in erster Linie Aufträge möglichst schnell bearbeiten", so der 59-jährige. Doch Lindner fand eine Möglichkeit, wissenschaftliche Arbeit mit der täglichen Praxis zu verbinden. In Zusammenarbeit mit der in Markkleeberg ansässigen Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) entwickelt und erprobt sein Büro Lösungen rund ums Thema erneuerbare Energien. Davon profitiert auch Anke Perleß. Die Energietechnik-Studentin schreibt derzeit ihre Diplomarbeit. Das theoretische Rüstzeug dafür holte sich sich bei ihrem Studium, im Markkleeberger Ingenieurbüro geht's jetzt ans Praktische. „Das macht mir einfach Spaß", erzählt die 22-Jährige. Ein Glücksfall sei es obendrein. „Es ist relativ schwierig, für die Diplomarbeit eine interessierte Firma zu finden."

Um was geht's dabei? Lothar Lindner: „Wir wollen keine Dinge entwickeln, die erst in 20 oder 30 Jahrne aktuell sind. Bauherren sollen heute schon vom technisch Machbaren profitieren." Das Problem: Wer sich für Themen wie Erdwärme oder Regenwassernutzung interessiert, braucht praktische Beispiele. „Doch kaum ein Hausbesitzer spielt gerne Versuchskaninchen und will laufend Fremden seine Haustechnik vorführen", so Lindner. Aus diesem Grund will er gemeinsam mit der HTWK in Markkleeberg ein „Innovationszentrum Regenerative Energien" aufbauen. Dort können Interessenten alles an einem Ort in Funktion erleben. Und selbst entwickelte Prototypen sollen künftig patentiert und in der Praxis erprobt werden – auch hierbei könnte die Hochschule helfen, schließlich sind solche Testläufe kein billiges Unterfangen. Die Forschung lohnt sich auf jeden Fall, schließlich ist auch künftig mit steigenden Energiepreisen zu rechnen. Mit Hilfe von Studenten wie Anke Perleß wird das Thema Energiesparen jetzt wissenschaftlich angegangen.

Bert Endruszeit

Tüfteln gemeinsam: Alexander Cirkovic (links) Studentin Anke Perleß und Lothar Lindner.
Foto: Bert Endruszeit



MARKKLEEBERGER STADTNACHRICHTEN
Stadtzeitung für Markkleeberg mit amtlichen Bekanntmachungen der Stadt Markkleeberg
Erscheinungstag: 30.9.2004
Nr. 10 / Oktober 2004

Markkleeberger Ingenieurbüro setzt auf erneuerbare Energien

Energie sparen und erneuerbare Energien einsetzen – das hat sich Dipl.-Ing. Lothar Lindner mit seinem Planungsbüro in der Rathenaustraße 10a in Markkleeberg-Ost ganz groß auf die Fahne geschrieben. Eigens dazu gründete er vor kurzem das IRE, das Innovationszentrum für Regenerative Energien und Energieeinsparung.

Ziel dieses Zentrums soll es sein, für Hausbesitzer und Hausbauer anschaulich zu machen, wie mit neuen Technologien effektiv und günstig gebaut und vor allem Energie gespart werden kann. Ob Erdwärmenutzung, Photovoltaik (Sonnenenergie) oder Regenwassernutzung, das geplante Objekt wird als Muster in seiner Kombination als Wohn- und Geschäftshaus den Interessenten ganz praktisch vor Augen führen, wie's geht. Dabei steht nicht das im Vordergrund, was erst in 30 Jahren möglich sein wird, sondern das was heute machbar ist.

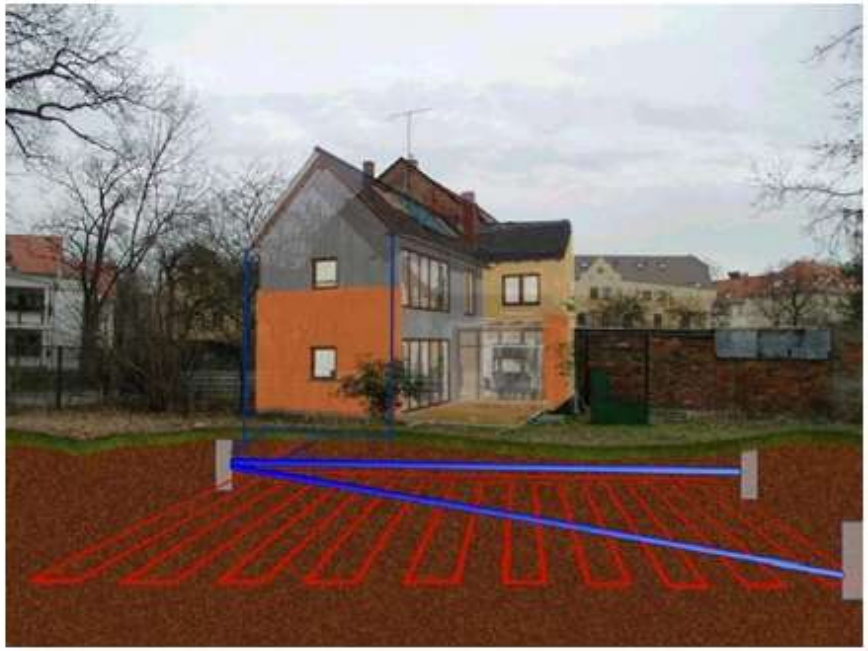
Unterstützt wird Lindners Projekt von der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK). Studentinnen und Studenten der Hochschule haben in Lindners Büro Gelegenheit, nach der Theorie des Studiums die Praxis zu erproben und nach neuen Lösungen zum Thema regenerative Energiegewinnung zu suchen. Daraus ergeben sind interessante Themen für Diplom- und Belegarbeiten. So vermischen sich im Büro in der Rathenaustraße auf vielversprechende Art und Weise wissenschaftliche Arbeit und alltägliche unternehmerische Praxis. *tz*

2

Abschlussbericht

zum

Teilprojekt
Untersuchung zur Verbesserung von Erdreichkollektoren kombiniert mit einem Versickerungssystem



Versuchsanlage FIE-Thema-Erdwärmenutzung
IBL
Innovationszentrum für Regenerative Energien (IRE)
Planungsbüro für Energie und Umwelt Lindner
Herr Dipl.-Ing. Lothar Lindner
Rathausstraße 10a ; 04416 Markkleeberg
Telefon: 0341 - 33 85 520
IIRM
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement
Professur für Umwelttechnik in der Wasserwirtschaft
und Umweltmanagement
Herr Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer
Telefon: 0341 - 97 33 870
Vaillant
REHAU
AquaSpin
Deltadruck.de

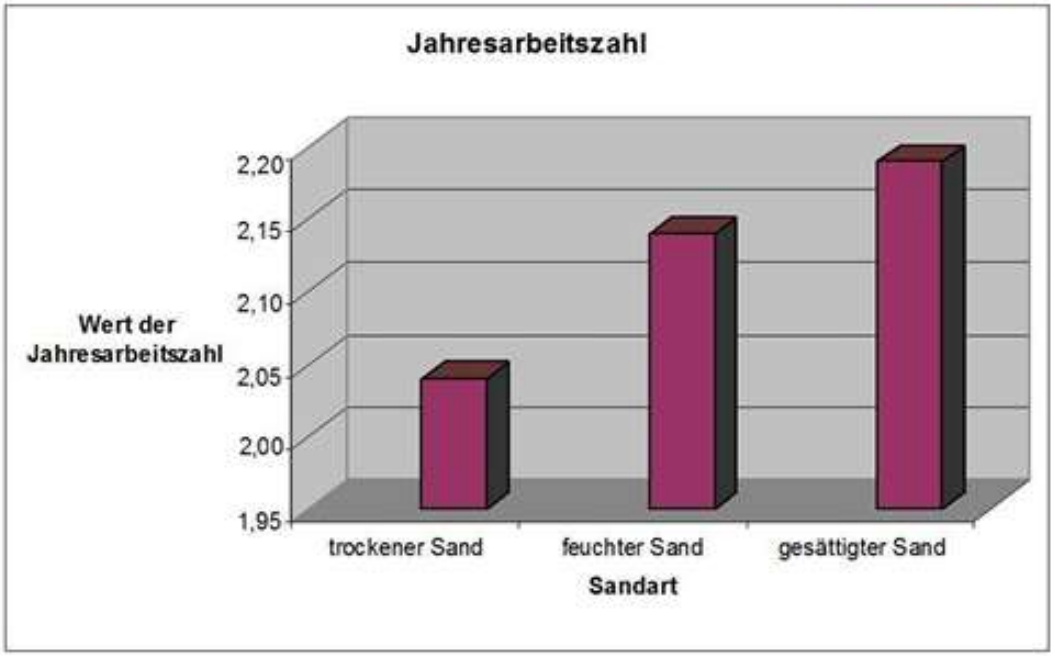


Bild 7:

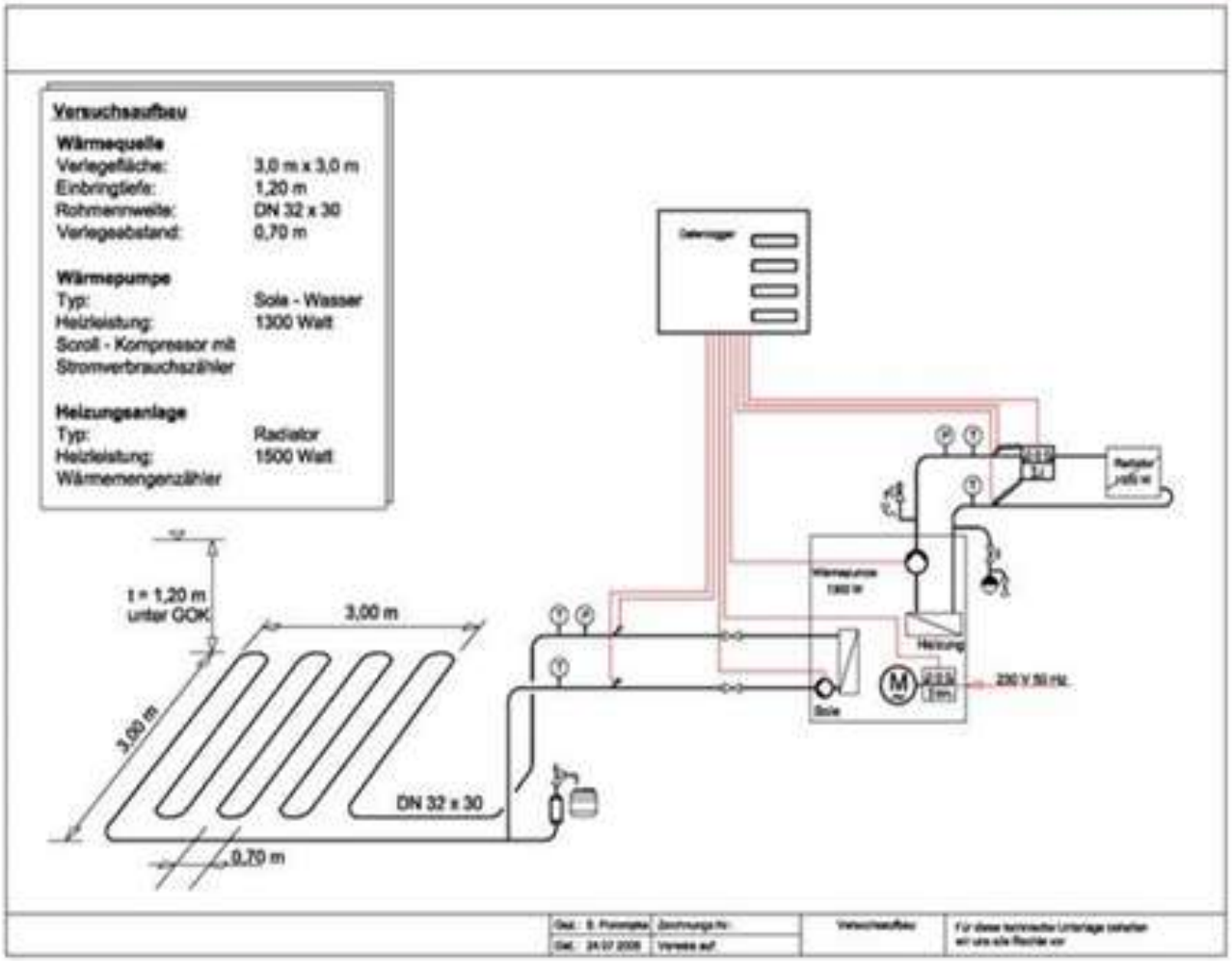
Erhöhung der Jahresarbeitszahl in Abhängigkeit vom Wassergehalt des Erdreiches von Erdkollektoren

Das Ergebnis zeigt, dass durch Erhöhung des Wassergehaltes von trocken zu gesättigt sich eine Steigerung der Jahresarbeitszahl von 6,85 % möglich ist.

Der Wärmeleitzahlen betragen:

- Sand (trocken) 0,40 W/ m×K
- Sand (durchschnittlich feucht) 1,51 W/ m×K
- Sand (gesättigt) 3,70 W/ m×K

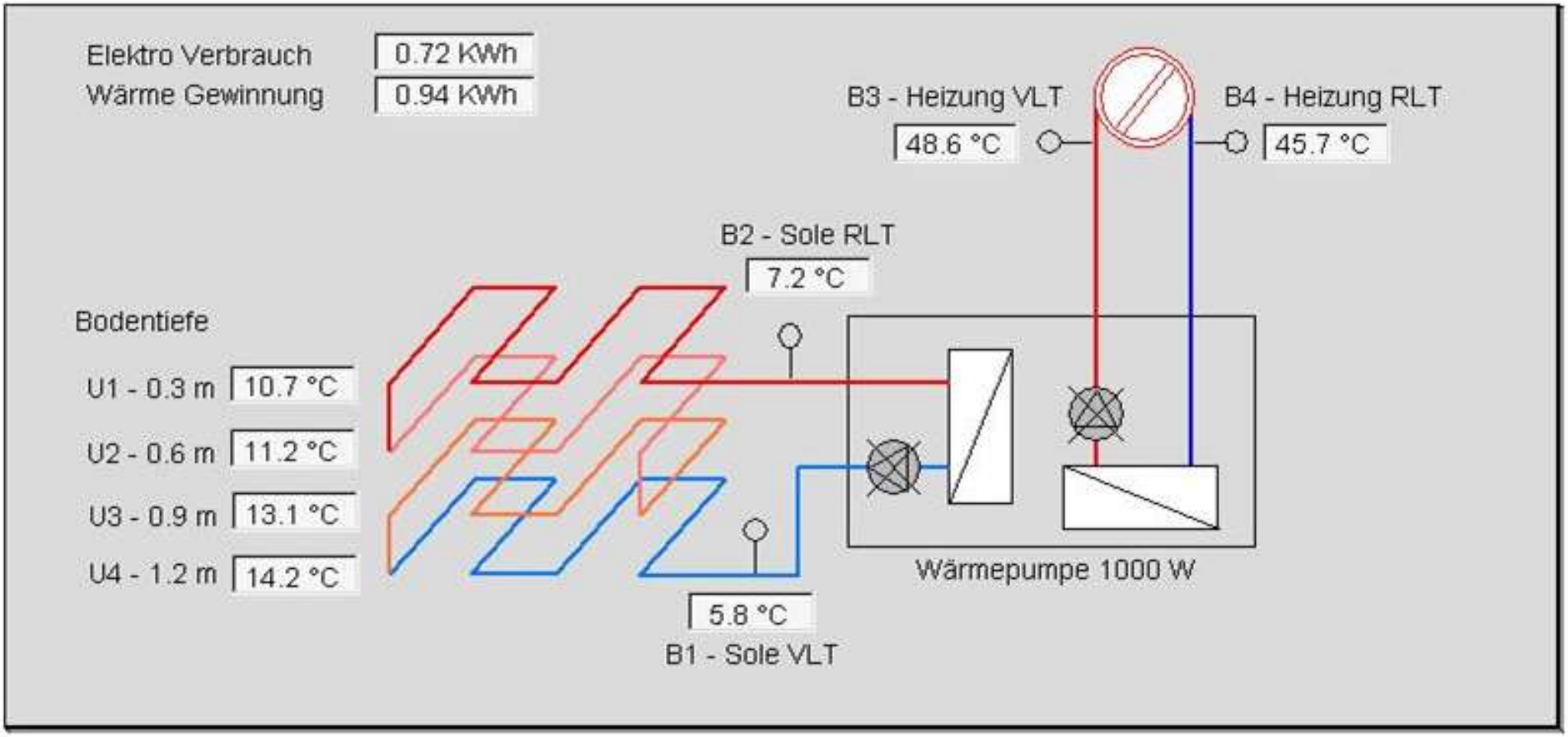
Diese Aussage gilt es in Versuchen nachzuweisen.

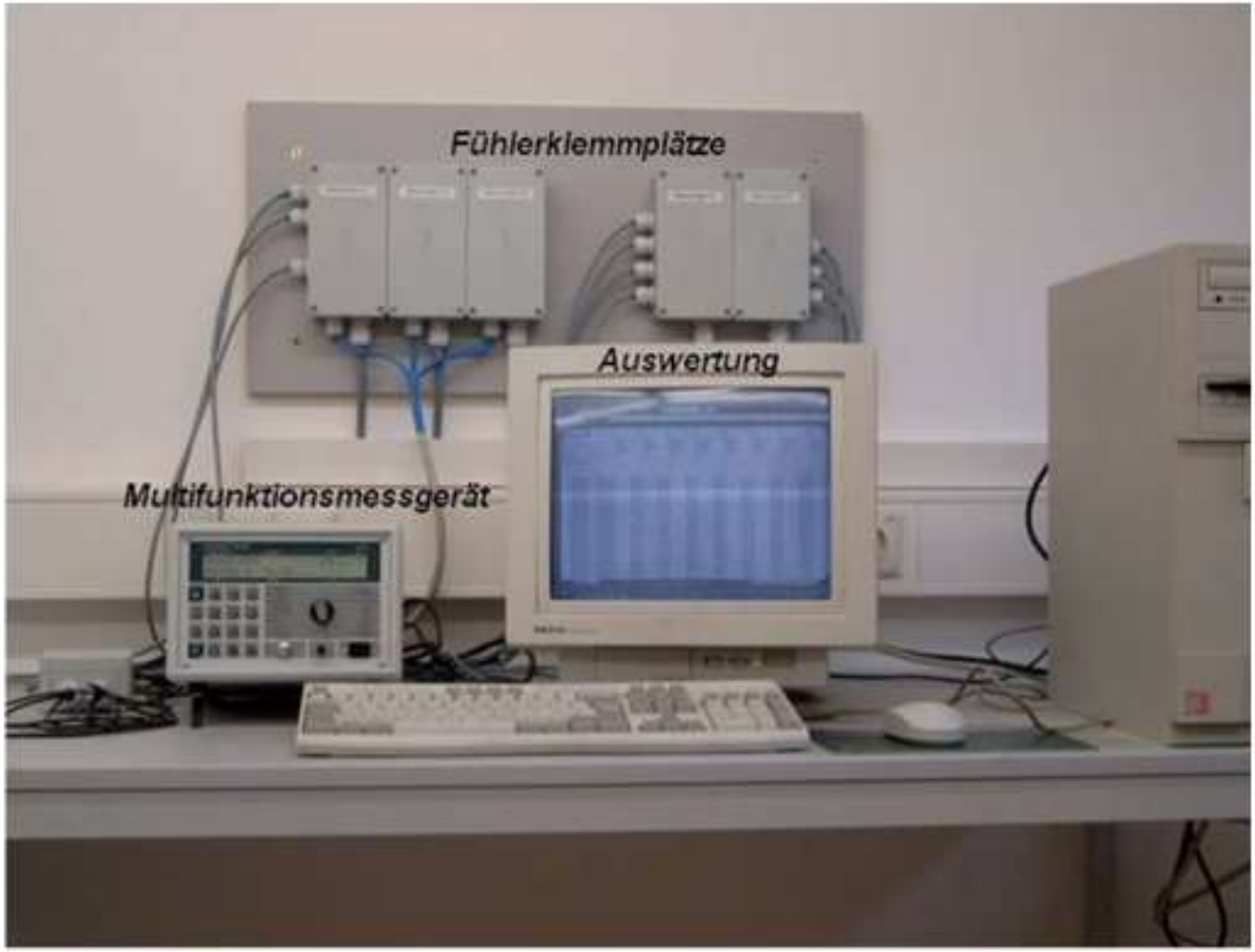

Versuchsaufbau
Wärmequelle
Verlegefläche: 3,0 m x 3,0 m
Einbringtiefe: 1,20 m
Rohrmennweite: DN 32 x 30
Verlegeabstand: 0,70 m
Wärmepumpe
Typ: Sole - Wasser
Heizleistung: 1300 Watt
Scroll - Kompressor mit Stromverbrauchszähler
Heizungsanlage
Typ: Radiator
Heizleistung: 1500 Watt
Wärmemengenzähler
t = 1,20 m unter GOK
3,00 m
3,00 m
DN 32 x 30
0,70 m
Heizung
Sole
220 V 50 Hz

Leipzig-Uni_Sportfakultaet-WP-Werte

Objekt: *Uni Leipzig - Sportfakultät*
Standort: *Leipzig, Jahnalle*
Service: *ENERelektronik-GmbH* **Tel.:** *0341494390*
Datum/Uhrzeit Regler 29.09.2008 17:45:25

Werte Wärmepumpe





Anlage 12: Computerarbeitsplatz mit den messtechnisch notwendigen Zubehören

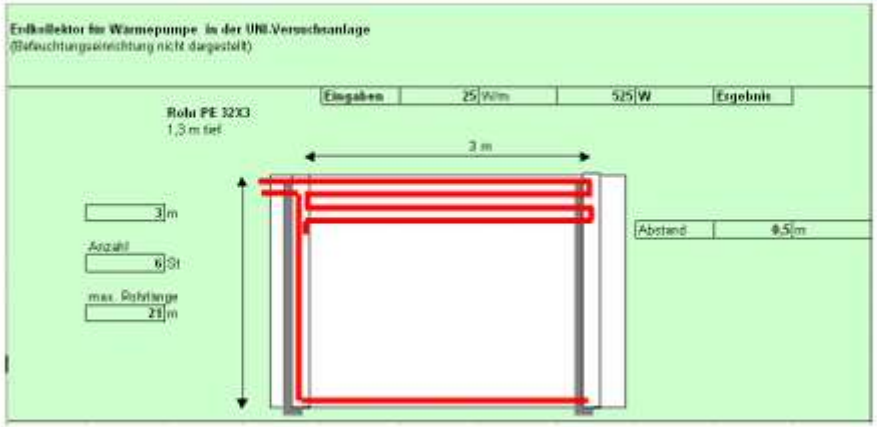


Bild 10: Dimensionierung des Flächenkollektors

Der Aushub des Flächenkollektors erfolgte mit einem Minibagger, wobei der Durchbruch zum Labor in Handschachtung erstellt wurde. Der Flächenkollektor wurde in einem 30 cm starken Sandbett verlegt.
Ein Kollektorkreis wurde aus Platzgründen in Schneckenform verlegt, was sich nicht nachteilig ausgewirkt hat.
Je eine Vorlauf-und Rücklaufleitung verbindet den bewässerten Flächenkollektor mit dem Verdampfer der Wärmepumpe. In diesem Rohrleitungssystem fließt ein Glykol–Wasser–Gemisch mit einem Frostschutz von –15 ° C und verhindert das Zerfrieren und die Korrosion des Systems. Da es sich um ein geschlossenes Solesystem handelt, wird eine Solepumpe zur Zirkulation des Gemisches zwischen Flächenkollektor und Wärmepumpe benötigt.

Bild 11: Verlegungen des Kollektors
2008 war die Verlegung aufgrund der niedrigen Außen-Temperaturen nur als Spirale möglich

Bild 12: Verlegungen des Kollektors
2010 konnte die Verlegung, nahezu nach den Maßen des Bildes 10 erfolgen

Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner
Ing.-Büro
Heizung- Lüftung- Sanitär-Fernwärme-Rohrbau- erneuerbare Energien

Bild 13: Einbau des Bewässerungssystem Drainagerohr mit Vlies und alternativ das Aquaspa Rohrsystem

Entsprechend dem Ergebnis betrug der Wassergehalt der Bodenprobe im Mittel 13,9 %.
Bei einem Porenanteil von 25 % verbleibt damit eine mögliche Restbefeuchtung von 11,1 %.
Entsprechend der Restfeuchte von 11,1 % wurde nun die mögliche Erhöhung des Wassergehaltes für den Bereich um den Erdkollektor (0,5 m) ermittelt.

Bestimmung des Wassergehaltes

Vorhaben F/E-Thema- Befeuchtung von Erdkollketoren

Probe 1			
Bodenart	Lehm/Sand		
Waage	Präzisionswaage		
Fehler der Wägung		0,01 g	
Feuchte Probe mit Behälter	m+mB	160,50 g	
trockene Probe mit Behälter	md+mB	138,30 g	
Behälter (Folienbeutel)	mB	0,01 g	
Porenwasser	mw	22,20 g	
trockene Probe	md	138,29 g	
Wassergehalt	mw/md= w	0,161	16,1 %
Probe 2			
Bodenart	Lehm/Sand		
Waage	Präzisionswaage		
Fehler der Wägung		0,01 g	
Feuchte Probe mit Behälter	m+mB	290,50 g	
trockene Probe mit Behälter	md+mB	260,30 g	
Behälter (Folienbeutel)	mB	0,01 g	
Porenwasser	mw	30,20 g	
trockene Probe	md	260,29 g	
Wassergehalt	mw/md= w	0,116	11,6 %

Bild 26: Rechnerische Bestimmung des Wassergehaltes

Anschließend wurde die Gesamtmenge an Feuchtigkeit auf den Zeitraum einer Woche so aufgeteilt, dass am 1. Tag die Höchstmenge und am letzten Tag die geringste Menge dosiert wird.
Das war ein wichtiger Hinweis der Material-und Prüfanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH.

Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner
Ing.-Büro
Heizung- Lüftung- Sanitär-Fernwärme-Rohrbau- erneuerbare Energien

Bild 23: Messungen der Bodenfeuchte mittels Combitester vor der Trocknung als Grobbewertung

Bild 24: Wägung der Bodenprobe feuchter Zustand mit einer Präzisionswaage

Bild 25: Wägung der Bodenprobe nach der Trocknung

Mit einem Excelprogrammes wurde anschließend der Wassergehalt nach DIN 18121-1 bestimmt.

Erhöhung des Wassergehaltes			
Porenanteil Wassergehalt		25 %	
Masse des Nassbereiches im Versuchsfeld (500 mm Höhe)			
3 x 3 x	0,4 m	3,6 m³	
Dichte 1,8..2,0 t/m³			
Gewicht des Versuchsfeldes		6,84 t	
Wasseranteil bei Probe 1/2		0,95 t	
Erhöhung	11,1 %	0,76 t	
aufgeteilt auf 5 Wochentage		0,15 t	
Montag	09.03.2009	0,25 t	
Dienstag	10.10.2009	0,20 t	
Mittwoch	11.03.2009	0,15 t	
Donnerstag	12.03.2009	0,11 t	
Freitag	13.03.2009	0,05 t	
		0,76 t	

Bild 27: Rechnerische Bestimmung der Erhöhung des Wassergehaltes

2.2. Durchführung der Versuche ohne und mit Befeuchtung

Von der Firma Gardena wurde dazu die Bewässerungstechnik bereitgestellt. Da die Einstellung des Bewässerungsautomaten vom Wasserdruck abhängig ist, wurde die einzustellende Laufzeit des Automaten experimentell bestimmt.

aufgeteilt auf 5 Wochentage		0,15 t	Sekunden
Montag	09.03.2009	0,25 t	600
Dienstag	10.10.2009	0,20 t	480
Mittwoch	11.03.2009	0,15 t	360
Donnerstag	12.03.2009	0,11 t	264
Freitag	13.03.2009	0,05 t	120
		0,76 t	

Bild 28: Einstellung des Bewässerungsautomaten

Bild 29: Bewässerungsautomat - Fabrikat Gardena

Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner
Ing.-Büro
Heizung- Lüftung- Sanitär-Fernwärme-Rohrbau- erneuerbare Energien

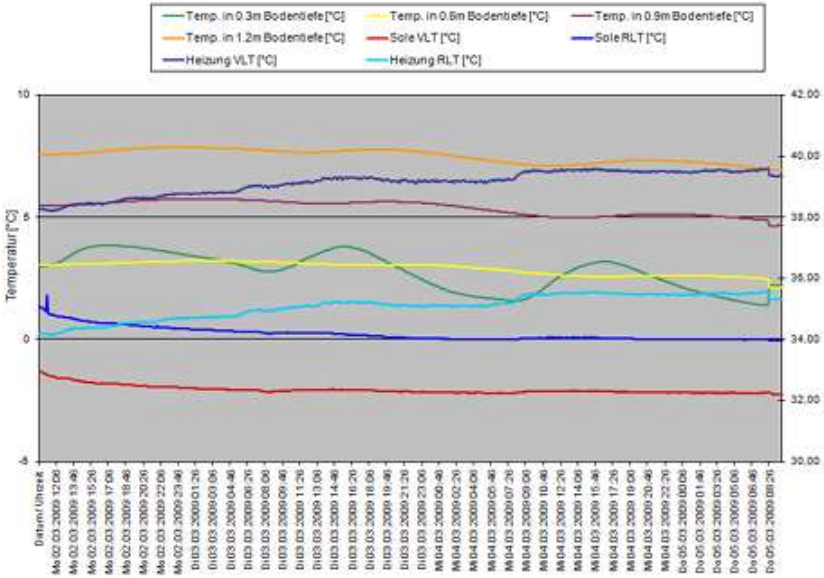


Bild 41: Temperaturverläufe im Zeitraum vor der Befeuchtung

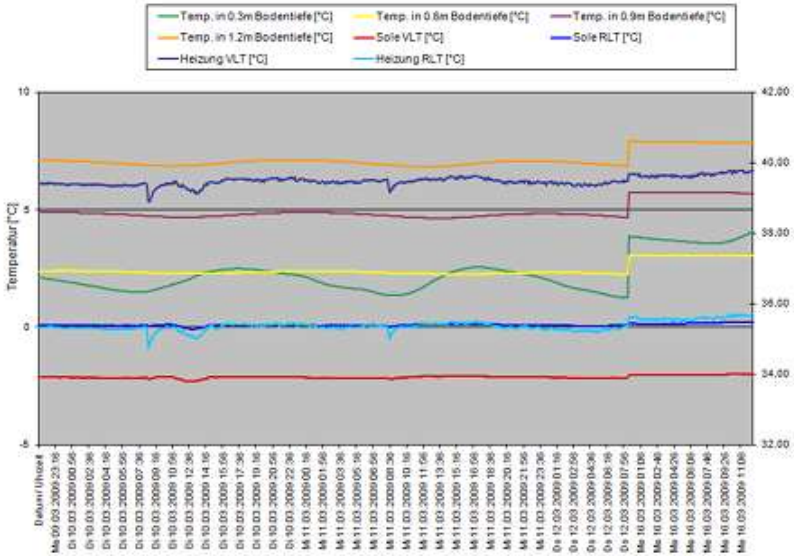


Bild 42: Temperaturverläufe im Zeitraum der Befeuchtung und nach der Befeuchtung

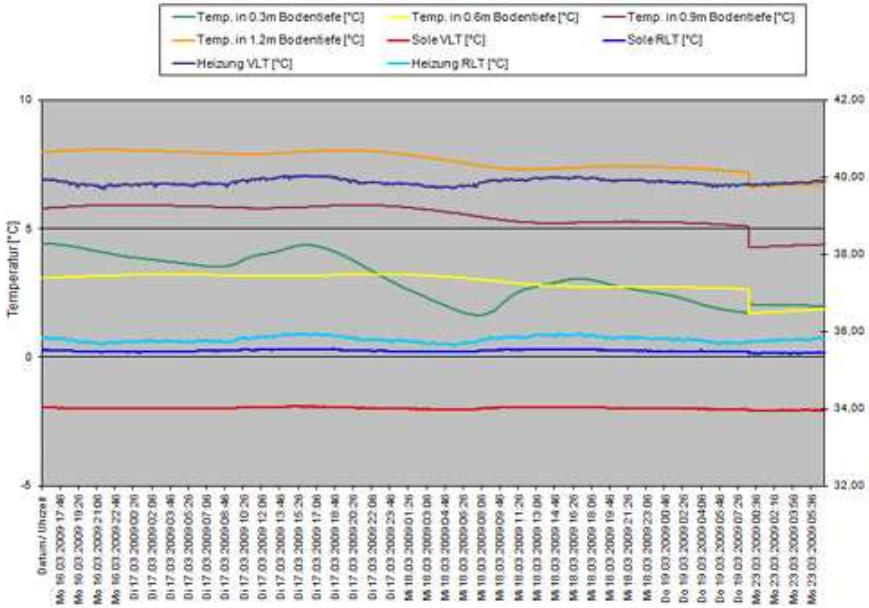


Bild 43: Temperaturverläufe im Zeitraum nach der Befeuchtung

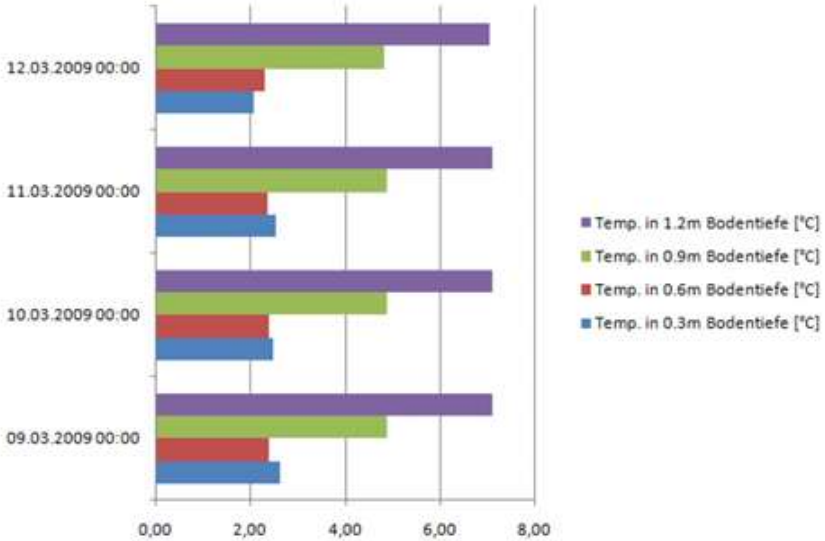


Bild 44: Temperaturverläufe der Erdsonde während der Befeuchtung

Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner
Ing.-Büro
Heizung- Lüftung- Sanitär-Fernwärme-Rohrbau- erneuerbare Energien

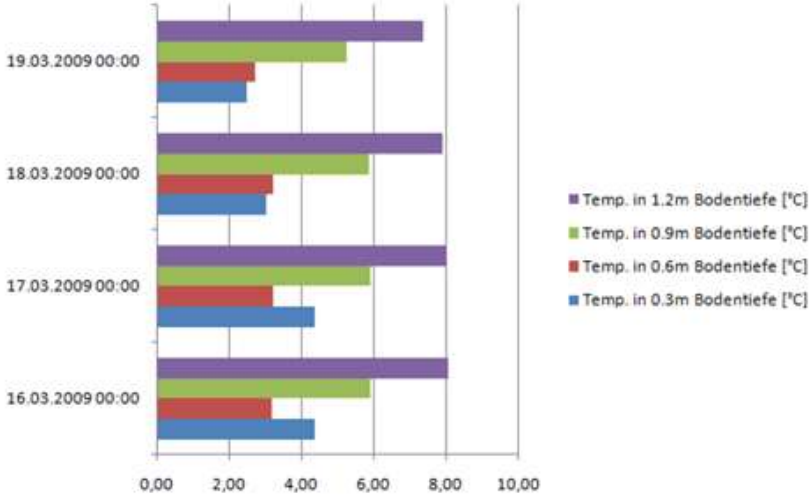


Bild 45: Temperaturverläufe der Erdsonde nach der Befeuchtung

Die Befeuchtung erfolgte mit Trinkwasser von 12°C.Die Auswertung der Diagramme zeigt eindeutig, das nach der Befeuchtung eine Temperaturerhöhung des Erdreiches, der Sohle und der Vorlauftemperatur erfolgt.
In der zweiten Woche nach der Befeuchtung fallen diese Temperaturen wieder geringfügig ab, weil sich das Trinkwasser in dem kalten Boden abkühlt

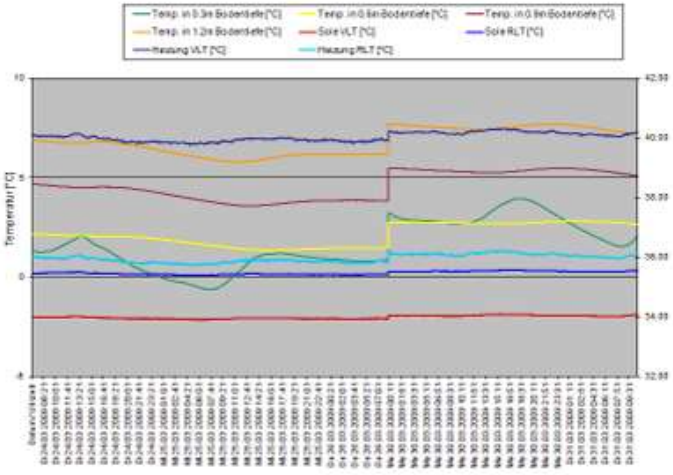


Bild 46: Temperaturverläufe im Zeitraum nach der Befeuchtung

In dieser Heizperiode wurde eine erhebliche Steigerung der Jahresarbeitszahl festgestellt.

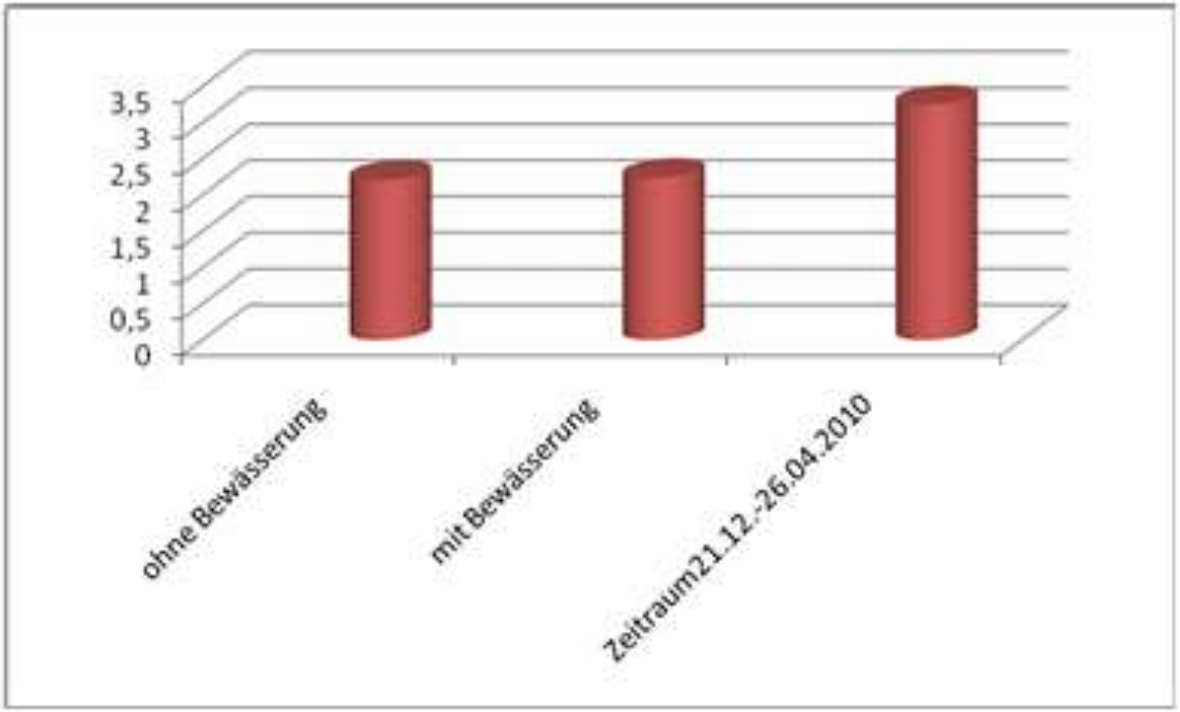


Bild 61: Auswertung der Jahresarbeitszahl in der Heizperiode 2009 - 2010

Die hohe Steigerung der Jahresarbeitszahl von um 47% lässt sich wie folgt erklären.

Die Befeuchtung konnte durch die Eisbildung während des Befeuchtungsversuches erst im Frühjahr und Sommer 2009 wirksam werden. Gleichzeitig wurde durch den Anschluss der Strahlplatte eine Temperaturspreizung von ca. 25/21 °C anstelle von 39/35°C erreicht.
Die Niederschläge im Frühjahr und Sommer dienten als natürliche Befeuchtung.

3.1.6. Software zur Dimensionierung und Ermittlung von Richtkosten für Erdkollektoren mit Bewässerung

In Zusammenarbeit mit den Fa. Chromis-Software und Elektro-Lehmann GmbH wurde vom IBL eine Software zur Dimensionierung und Ermittlung von Richtkosten für Erdkollektoren mit Bewässerung entwickelt, die das Schlitz-Verlegeverfahren berücksichtigt.
Die Berrechnungssoftware liefert folgende Ergebnisse:

- Abmessungen der Erdwärmekollektorfläche
- erforderliches Material
- Gesamtkosten für das Material, den Tiefbau und die Montage

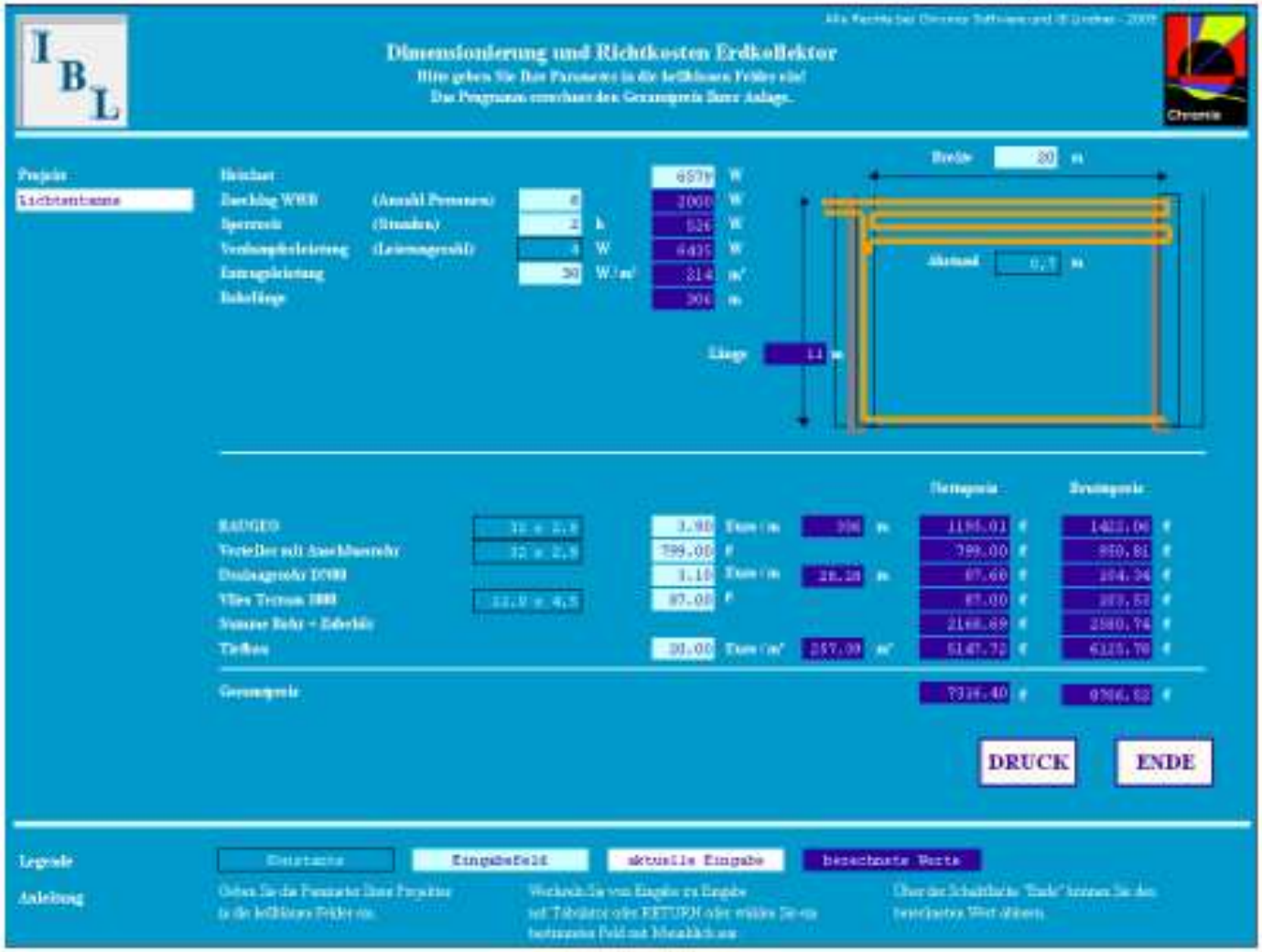


Bild 86: Bildschirmausdruck - Software „Erdkollektor“

2.2.2.4. Schlussfolgerungen

Die Bestimmung der Bodenart und dessen Wassergehalt sowie und eine Einschätzung der freien Poren des Bodens für den Erdkollektor ist unbedingt erforderlich, um den Anteil der freien Poren für die maximal mögliche Wasseraufnahme des Bodens zu bestimmen und um das Bewässerungsregime aufzustellen

Im vorliegenden Fall wurde lehmig-sandiger Boden mit einem Wassergehalt von 13,9 % vor Versuchsbeginn festgestellt.

Aufgrund des Anteiles an freien Poren von 25 % konnte der Wassergehalt nur auf 25 % durch die Befeuchtung angehoben werden.

Nach Untersuchungen und Erkenntnissen der Material- und Prüfanstalt des Bauwesens in Leipzig ist die Befeuchtung nach einem bestimmten zeitlichen Ablauf vorzunehmen.

Die Wassermenge sollte über eine Woche verteilt werden.

Dabei ist die Wassermenge so zu verteilen, dass mit einer großen Wassermenge begonnen wird und am 5. Tag die geringste Wassermenge zugeführt wird.

Durch die Erhöhung des Wassergehaltes des Erdreiches von anfänglich 13,9 % auf 25 % am Versuchsende konnte die Jahresarbeitszahl im Versuchszeitraum März 2009 nur geringfügig um ca. 2% gesteigert werden.

Die Ursache für die geringe Steigerung liegt in der Vereisung um die Erdkollektorrohre während der Bewässerung.

B. Glück kommt in dem Bericht „Simulationsmodell Erdkollektor" zu der gleichen Feststellung.

Im Versuchszeitraum vom 21.12.2009 bis 26.04.2010 arbeitete die Versuchsanlage störungsfrei und beheizte das Labor durchgehend.
Die Volllaststundenzahl in diesem Zeitraum betrug ca. 2.800 h.
In dieser Heizzeit erfolgte die zusätzlich Anbindung der vorhandenen Strahlplattenheizung an den Heizkreis.
Es trat eine Steigerung der Jahresarbeitszahl um 47% ein. Diese Steigerung lässt sich wie folgt erklären:
Die Befeuchtung konnte durch die Eisbildung während des Befeuchtungsversuches im März 2009 erst im Frühjahr und Sommer 2009 wirksam werden. Gleichzeitig wurde durch den Anschluss der Strahlplatte eine Temperaturspreizung von ca. 25/21 °C anstelle von 39 /35°C erreicht.
Die Niederschläge im Frühjahr und Sommer dienten als natürliche Befeuchtung.
Durch die Global- und Himmelstrahl erfolgte ebenfalls ein Wärmeeintrag in das Erdreich.

Die Verlegung des Erdkollektors bei niedrigen Außentemperaturen führte dazu, dass die Rohre aufgrund der großen Biegeradien nur in einer Spirale verlegt werden konnte.

Die Verdichtung konnte nur mit dem Bagger durchgeführt werden. Weitere Untersuchungen zum Nachweis des Einfluss der Bodenmechanik, der Geometrie der Erdkollektorrohre und des Abstandes konnten aufgrund von Baumaßnahmen im Bereich der Versuchsanlage nicht durchgeführt werden.
In einer Versuchsreihe 2010 werden die Versuche deshalb mit neuverlegtem Röhren-Erdkollektor und einem Kapillarrohr-Kollektor fortgesetzt.

Auch im Versuchszeitraum vom 21.12.2009 bis 26.04.2010 vereiste die Versuchsanlage, wie die Soletemperaturen von -4,32 °C erkenne lassen.

Datum / Uhrzeit	Temp. in 0.3m Bodentiefe [°C]	Temp. in 0.6m Bodentiefe [°C]	Temp. in 0.9m Bodentiefe [°C]	Temp. in 1.2m Bodentiefe [°C]	Sole VLT [°C]	Sole RLT [°C]	Heizung VLT [°C] (sek.Achse)	Heizung RLT [°C] (sek.Achse)
Mo 15.02.2010 06:31	-4,90	-3,05	-0,92	0,00	-4,32	-2,31	27,89	24,83
Mo 15.02.2010 06:36	-4,90	-3,05	-0,92	0,00	-4,32	-2,30	27,89	24,83
Mo 15.02.2010 06:41	-4,90	-3,05	-0,92	0,00	-4,32	-2,30	27,88	24,82
Mo 15.02.2010 06:46	-4,90	-3,06	-0,92	0,00	-4,32	-2,30	27,90	24,82
Mo 15.02.2010 06:51	-4,90	-3,05	-0,91	0,00	-4,32	-2,30	27,89	24,83
Mo 15.02.2010 06:56	-4,89	-3,05	-0,92	0,00	-4,33	-2,31	27,89	24,84
Mo 15.02.2010 07:01	-4,90	-3,05	-0,91	0,00	-4,33	-2,30	27,89	24,83
Mo 15.02.2010 07:06	-4,89	-3,06	-0,91	0,00	-4,33	-2,31	27,89	24,82
Mo 15.02.2010 07:11	-4,89	-3,05	-0,91	0,00	-4,33	-2,30	27,89	24,83
Mo 15.02.2010 07:16	-4,90	-3,06	-0,91	0,00	-4,32	-2,31	27,90	24,83

Bild 65: Übersicht der Erd-und Medientemperaturen im Zeitraum 15.02.2010

Durch den hohen Wärmeentzug im Zeitraum 21.12.2009 bis 26.04.2010 war die Erdkollektorfläche im Frühjahr durch die gelbe Grasfläche sichtbar.

Bild 66: Einfluss der Auskühlung des Erdreiches durch den Erdkollektor

2.4. Wirtschaftliche Vorteile der Befeuchtung

2.4.1. Abschätzung der wirtschaftlichen Vorteile durch die Verbesserung der Jahresarbeitszahl

Geht man von einem Einfamilienhaus mit 100 m² beheizte Fläche und einer Wärmeleistung der Wärmepumpenanlage von 6 kW aus, so ergibt sich bei einer angenommenen Erhöhung der Jahresarbeitszahl von 10% eine Einsparung der verbrauchsgebundenen Kosten von ca. 526,00 Euro/a x 10% = 52,6 Euro bei einem einmaligen Aufwand für die Bewässerung von ca. 150,00 Euro.
Amortisation: 150,00 Euro / 52,60 Euro / a = 2,85 Jahre
Einsparung über eine Nutzungsdauer von 25 Jahren (ohne Strompreiserhöhung)
(25 Jahre – 2,85 Jahre = 22,15 Jahre) : 1.165 Euro

2.4.2. Abschätzung der wirtschaftlichen Vorteile durch die Versickerung des Regenwassers

Seit ca. 3 Jahren wird in den Städten und Gemeinden ein Splitting der Abwassergebühren durchgeführt. In Hessen z.B. hat die Neuberechnung zum 01.01.2005 begonnen. Die Berechnung der Abwassergebühr erfolgte meist nach dem so genannten Frischwassermaßstab, d.h. nach der vereinfachten Annahme „Frischwassermenge = Abwassermenge". Nach der aktuellen Rechtssprechung wird jetzt jedoch vom Gesetzgeber gefordert, die Abwassergebühren in einen Schmutzwasser- und einen Niederschlagswasseranteil „aufzusplitten".
Bei der Einleitung des Regenwassers in einen Verteilerschachtsystem zur Bewässerung des Flächenkollektors kann dieser Niederschlagswasseranteil komplett entfallen.

Vergleichsrechnung (vereinfacht) ohne Regenwassernutzungsanlage

- Privathaushalt mit 150 m^3 jährlichem Trinkwasserverbrauch
- 60 m^3 eingeleitetes Niederschlagswasser aus 120 m^2 versiegelter Fläche
- 3 € Einheitsgebühr auf Basis des Trinkwasserverbrauchs

Art der Einleitung	Abwassermenge in m^3	Abwassergebühr 3 €/m^3
Schmutzwasser aus Trinkwasser	150	450
Niederschlagswasser Grundstück	60	-

Jahresabwassergebühr: 450 €/a

Vergleichsrechnung (vereinfacht) mit Regenwassernutzungsanlage

- Privathaushalt mit 150 m^3 jährlichem Trinkwasserverbrauch
- 60 m^3 eingeleitetes Niederschlagswasser aus 120 m^2 versiegelter Fläche
- 2,30 € Einheitsgebühr auf Basis des Trinkwasserverbrauchs
- 0,70 € Niederschlagswasserbeseitigung auf Basis versiegelter Flächen

Art der Einleitung	Abwassermenge in m^3	Abwassergebühr 2,30 €/m^3 Niederschlagswassergebühr 0,70 €/m3
Schmutzwasser aus Trinkwasser	150	345
Niederschlagswasser Grundstück	60	-

Jahresabwassergebühr: 345 €/a
Die Regenwassernutzung ergibt eine jährliche Einsparung von 345 Euro bis 450 Euro.
Im konkreten Anwendungsfall der Versuchsanlage in Bad Lausick werden 400 Euro/Jahr eingespart.
Einsparung über eine Nutzungsdauer von 25 Jahren: 25 x 400 Euro = 10.000 Euro

2.4.3. Schlussfolgerungen

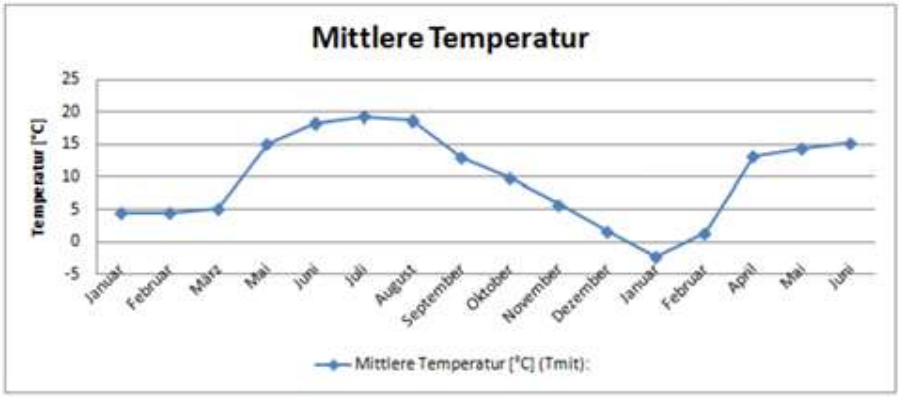
Aus dem vorgenannten Vergleich wird ersichtlich, dass der große wirtschaftliche Vorteil der Befeuchtung in dem Wegfall der Abwassergebühren entsteht.
Betrachtet man den gesamten Nutzen über einen Zeitraum von 25 Jahre, so stellt man fest, dass etwa der 10fache Nutzen durch die Versickerung gegenüber der Verbesserung des Jahresnutzungsgrades der Wärmepumpe durch die Befeuchtung entsteht.
Voraussetzung ist die Möglichkeit des Einbaues eines Erdwärmekollektors (vorhandene Fläche) und eine fachgerechte Befeuchtungsanlage (Versickerungsanlage).

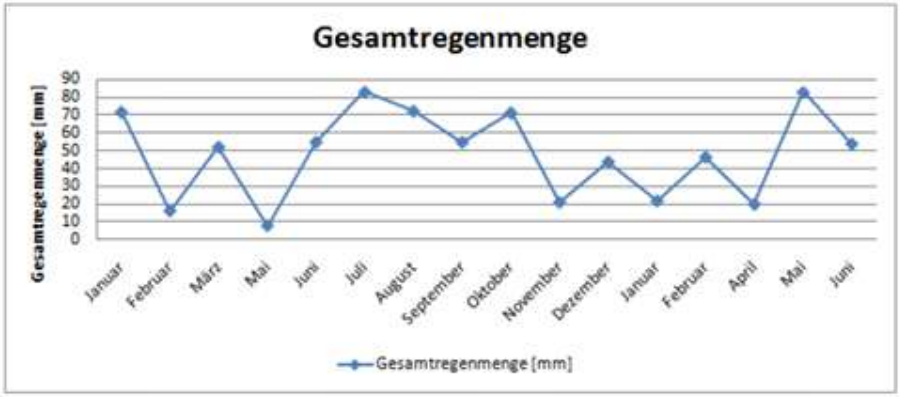
3.2. Durchführung des Versuches mit Befeuchtung /Bewässerung

Aufgrund finanzieller Probleme der Hausbesitzer kann das Meßprogramm erst 2010 /2011 durchgeführt werden.

3.3. Auswertung der Wetterdaten hinsichtlich der Regenspende im Raum Bad Lausick

In Auswertung der Wetterdaten 2008 - 2009 ist festzustellen, dass hier die Aussagen vom Abschnitt 2.5.3 und von B. Glück voll ihre Bestätigung finden: In den Wintermonaten kühlt der Niederschlag das Erdreich ab.





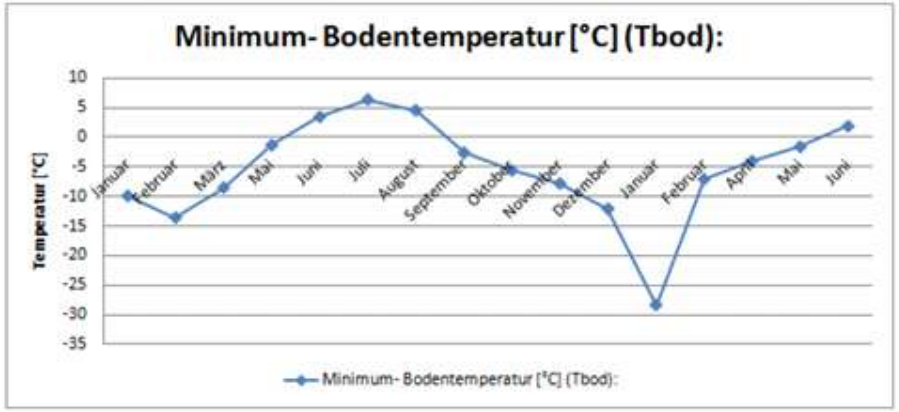


Bild 87: Wetterdaten Bad Lausick 2008 - 2009

Verbesserung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen durch Kombination eines Regenwasserversickerungssystems für Flächenkollektoren

3

Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
eines

Dr. rer. techn. (rerum technicarum)

im EURACA-Netzwerk

Vorgelegt von:
Dipl.-Ing. Sven Porompka aus Crossen

Crossen, im August 2008

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand, neben meiner beruflichen Tätigkeit, als berufsbegleitende Dissertation mit Unterstützung der EURACA – European Academy.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. L. Lindner für die Anregungen und praktische Unterstützung bei der Versuchsdurchführung und Herrn Markus Sukhaboon für die vielen Hinweise und unterstützenden Arbeiten bei der Gestaltung der Dissertationsschrift. Ein herzliches Dankeschön an Herrn Prof. Dr.-Ing. habil Müller von der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, für die interessierte und freundliche Bereitschaft zur Begutachtung dieser Dissertationsschrift.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie für die vielen und geduldig ertragenen Nacht- und Wochenendstudienzeiten.

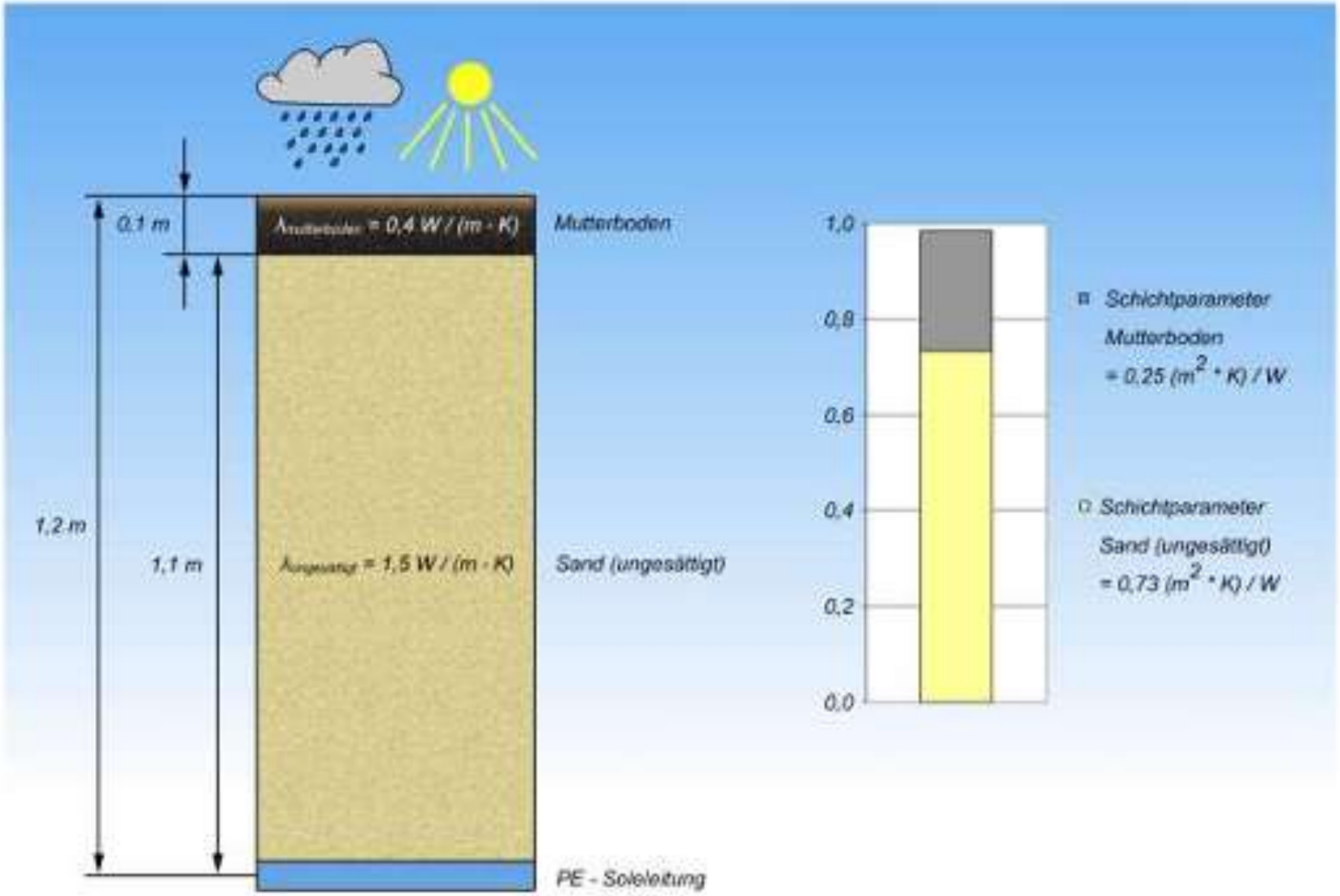
Darüber hinaus danke ich für die finanzielle Unterstützung der Firma Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG bei der Versuchsdurchführung.

Die Möglichkeit auch aus horizontalen Flächenkollektoren dem oberflächennahen Erdreich zwischen 1,20m und 1,40m Tiefe Wärme zu entziehen, wird oft unterschätzt und vernachlässigt . Ein wichtiger Grund ist darin zu sehen, dass diese Wärmequelle bisher wissenschaftlich am wenigsten untersucht wurde. Horizontalen Erdwärmekollektoren wurde in den letzten 20 Jahren kaum Beachtung geschenkt. Dadurch wird im Gegensatz zu den schon genauer untersuchten Wärmequellen Erdwärmesonden, Grundwasser, Abwasser, Luft und Abluft das energetische und damit wirtschaftliche Potential nur unzureichend ausgeschöpft.

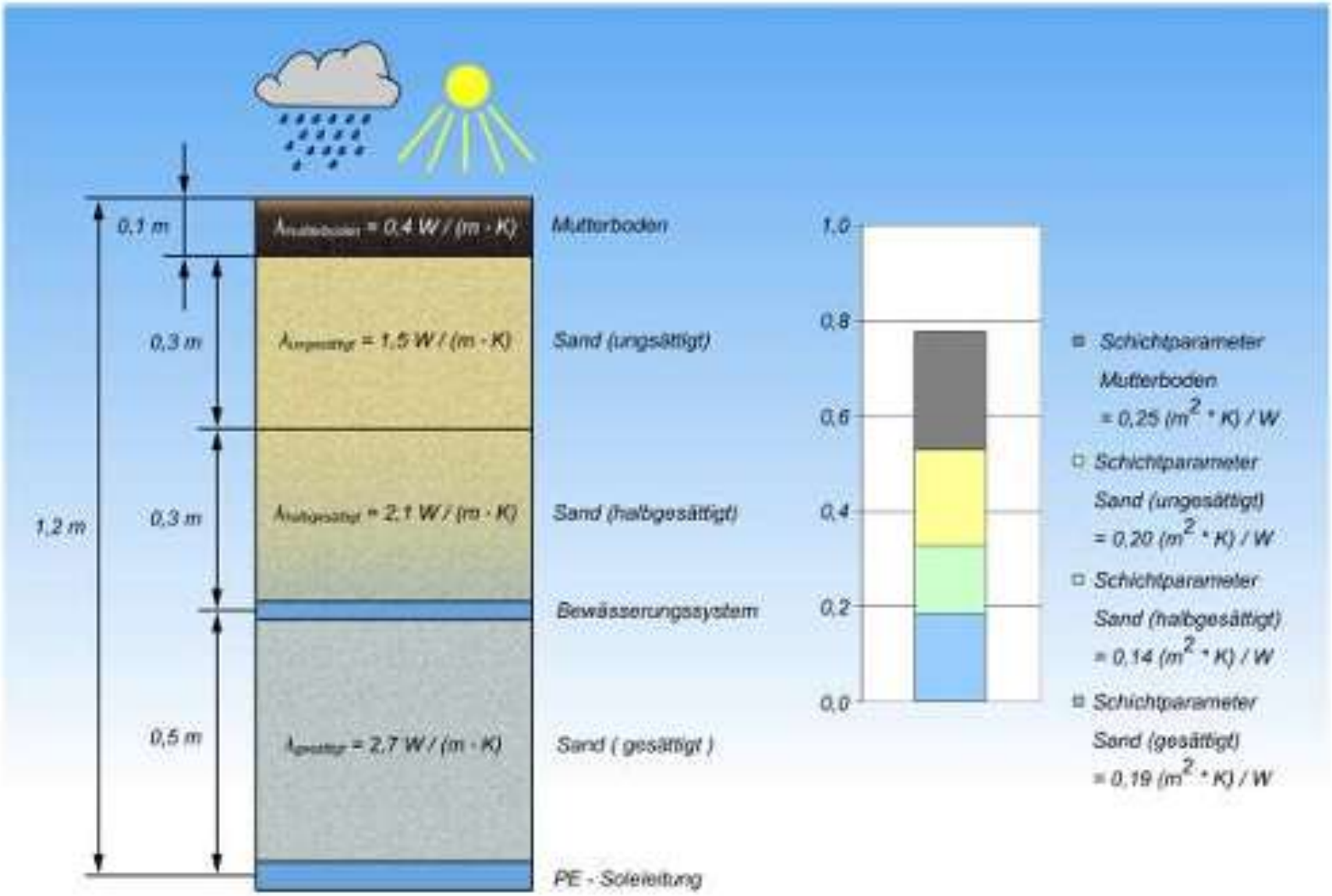
Die derzeit üblichen und weit verbreiteten Auslegungsrichtlinien der Erdwärmekollektoren basieren auf Grundsätzen der entsprechenden VDI 4640 zur thermischen Nutzung des Untergrundes.

Diese Grundsätze basieren fast ausschließlich aus empirischen Erfahrungen, sind vergleichsweise ungenau und differieren in der praktischen Umsetzung stark. Die Auslegungsempfehlungen sind nur grob und auf Erfahrungswerten basierend. Planungsingenieure wurden dadurch irritiert und wichen oft auf alternative Wärmequellenanlagen aus, die jedoch aus

Durch die Erhöhung des Wassergehaltes des Erdreiches von anfänglich 13,9 % auf 25 % am Versuchende, konnte die Wochenarbeitszahl um 6,3 % gesteigert werden. Der Eigentümer der Anlage hat somit seine Heizkosten um 6,3 % dank zusätzlicher Naturenergie senken können, durch Verbesserung des Wärmeübergangs im Erdreich. Der Bewässerungsplan des Erdreiches war so anlegt, beginnend mit der größten Wassermenge am ersten Tag(Abbildung 48), dass der gewünschte Wassergehalt(Porenwassergehalt) von ca. 25 % in 5 Tagen erreicht wurde.



Anlage 33: Darstellung Wärmetransport ohne Versickerungssystem



Anlage 34: Darstellung Wärmetransport mit Versickerungssystem und Kapillarwirkung

Die Befeuchtung führt zu einem sehr stabilen Wärmepumpenprozess bezüglich der Wärmequellenanlage, d.h. eine hohe Wärmequellen- und Erdreichtemperatur ist die Basis für eine hohe Energieeffizienz. Sind die Poren mit Wasser gefüllt anstatt mit Luft, erhöht sich die Wärmeleitfähigkeit, die Dichte und die spezifische Wärmekapazität des Bodens, was sich positiv auf die maximal mögliche Entzugsleitung eines Erdwärmekollektors auswirkt. Daneben erhöht sich mit steigendem Wassergehalt auch die latente Wärmespeicherfähigkeit. Je niedriger die Wärmquellentemperatur bei Wärmepumpenanlagen ist, desto niedriger sind auch die Verdampfungstemperatur und der Verdampferdruck des Kältemittels im Verdampfer. Bei niedrigem Druck und dadurch höherem spezifischen Volumen verdichtet der Kompressor eine geringere Kältemittelmasse pro Verdichtungszyklus, bei annährend gleich bleibender elektrischer Leistung P_{Verd}. Mit dem damit verbundenen sinkenden Kältemittelmassenstrom sinkt auch die Heizleistung der Wärmepumpe.[115] Um eine bestimmte Wärmemenge abgeben zu können, ist somit eine längere Laufzeit der Wärmepumpe notwendig, wobei proportional zur Laufzeit auch der elektrische Energieverbrauch steigt. Die Wärmequellenanlage ist so auszulegen bzw. zu optimieren, dass sie der Wärmepumpe, die der Umwelt entzogenen Wärme, bei möglichst hoher Temperatur zur Verfügung stellt. Dieses sehr wichtige Kriterium wurde durch den Befeuchtungsversuchs nachgewiesen.

Für einen sicheren Betrieb über mehrere Heizperioden, sind die vom Wärmepumpenhersteller angegebenen Betriebsgrenzen unbedingt einzuhalten. Um die Temperatureinsatzgrenzen des Verdichters nicht zu überschreiten und um das Erstarren der Soleflüssigkeit zu verhindern, wird deshalb die minimale Soletemperatur durch den Hersteller meist mit einem elektronischen Fühler begrenzt. Üblicherweise wird angegeben, dass bei einer Spreizung von 3 K zwischen Solevorlauf- und Rücklauftemperatur, die Solerücklauftemperatur in die Wärmepumpe -5° C nicht unterschritten werden sollte.[116] Eine hohe Erdreichtemperatur und damit auch Soletemperatur ist somit auch ein wichtiger Beitrag zur Betriebssicherheit der Gesamtanlage, beides wird durch das Versickerungssystem über dem Flächenkollektor sichergestellt.

Auch zur Vorbeugung von Umweltschäden ist eine hohe Soletemperatur sehr wichtig. Die Abkühlung des Erdreichs in etwa 1,2m Tiefe bei einem richtig ausgelegten Flächenkollektor wirkt sich in der Regel nicht schädlich auf die Umwelt aus. Es ist lediglich möglich, dass sich das Wachstum der Pflanzen um wenige Wochen verzögert.[117] Die Eisbildung um die Kollektorrohre im Winter ist jedoch aufgrund zweier Effekte zu begrenzen:

Das Eis dehnt sich beim Erstarren aus. Wächst der Eispanzer um die Kollektorrohre soweit an, dass er die natürliche Eisschicht des gefrorenen Bodens berührt, so können sich die dabei auftretenden Spannungen im Erdreich nicht abbauen. Es entstehen vor allem bei bindigen Böden Hebungen über den Kollektorrohren.

Sind im Frühjahr die Eisradien um benachbarte Kollektorrohre noch so groß, dass sie sich berühren, so ist der vertikale hydraulische Wassertransport im Boden unterbrochen. Das Schmelzwasser und die stärker werdenden Niederschläge können dann nicht versickern, wodurch sich Matsch bzw. ein Sumpfgebiet über dem Kollektor bilden kann. Das ist der Ansatzpunkt des Patents des Versickerungssystems über dem Flächenkollektor. Es dient zur Vorbeugung eventueller Umweltschäden, da es kontinuierlich eine definierte Menge warmen Regenwassers ganzjährig über dem Flächenkollektor versickert. So wird die spezifische Entzugsleistung um das Kollektorrohr gemindert, der Wärmtransport verbessert und die Erdreichtemperatur erhöht.

Es stellt sich die Frage, reicht die natürliche Regenspende unseres Wetters aus, um die im Versuch beschriebene und geforderte Befeuchtung des Erdreichs sicherzustellen. Dazu wurden die Niederschlagsmengen über den Versuchszeitraum ausgewertet.[118]

Selbst wenn der Betrachtungszeitraum der natürlichen Regenspende vom 17.07.2006 bis 06.08.2006 größer gewählt wurde als der Zeitraum der Versuchsdurchführung vom 31.07.2008 bis 06.08.2008, reicht die Wassermenge nicht aus, um die geforderte Befeuchtung sicherzustellen. Auf dem 9 m^2 großem Versuchsgelände würde sich folgende Regenmenge einstellen:

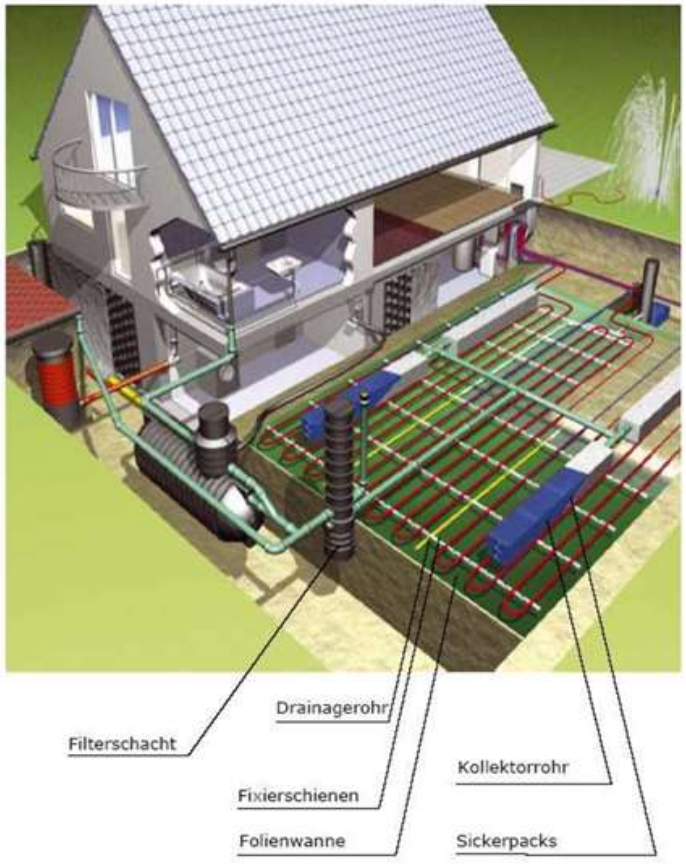
$$3m*3m*48{,}5\ l/m^2 = 436{,}5\ l \text{ (Abbildung 60)}$$

Die für den Versuch geforderte Menge von 760 l (Abbildung 48) würde nicht annähernd erreicht werden. Die Universitätsstadt Leipzig liegt im Regenschatten des Harzes und noch vor den Regenstaulagen am Erzgebirge, es ist hier zu trocken. Die notwendige zusätzliche Regenmenge müsste in speziellen Regenwasserzisternen gesammelt und dem Versickerungssystem zur Verfügung gestellt werden. In Anlage 32 ist das Versuchsfeld dargestellt und über dem Versuchsfeld das entsprechende Versickerungssystem mit der Einbindung von 2 Regenwasserrigolen und einem Überlauf ins öffentliche Abwassersystem. Mit dieser Lösung ist es möglich, die notwendige Regenwasserspende für das Versickerungssystem zu bevorraten und Zeiten ohne Regenwasserspende zu überbrücken.

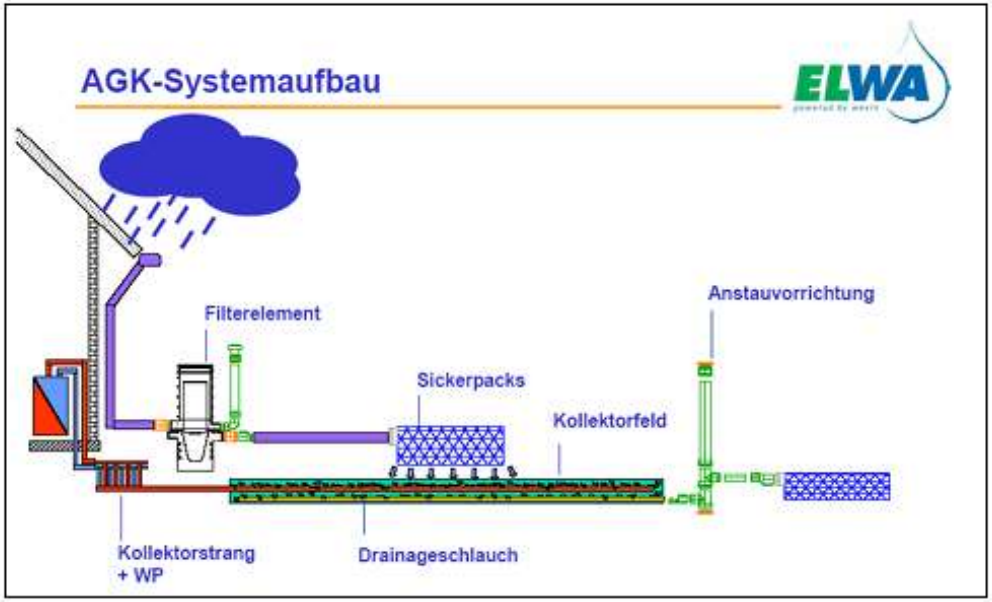
Die Firma Rehau AG + Co als Komplettanbieter hochwertiger Rohrsysteme hat diese Systeme weiterentwickelt unter der Produktrubrik „Aquathermie".[122] Mit Rohr-Rigolen-Versickerungen bzw. Mulden-Rigolen-Versickerungen ist das beschriebene Patent modifiziert worden. Ein Speicherblock aus PE, der mehrdimensional durchströmt werden kann, wird über dem Flächenkollektor installiert und hat einen Inhalt von 401 l Regenwasser. Dieses System bietet sich an bei ohnehin benötigter Regenwasserversickerung und ist ideal bei großen versiegelten Flächen.

Die Firma WAVIN hat einen AquaGeoKollektor[123] für den hocheffektiven Entzug von Erdwärme in den oberflächennahen Erdschichten entwickelt. Der Komplettbausatz des AquaGeo Kollektors besteht aus:

Regenwasser-Versickerungssystem, Anschlussverrohrung, Filter- und Verteilerschacht, Kollektorwanne, Drainagerohr, sowie Anstau- und Sammelschacht. (Anlage 18 und 19)



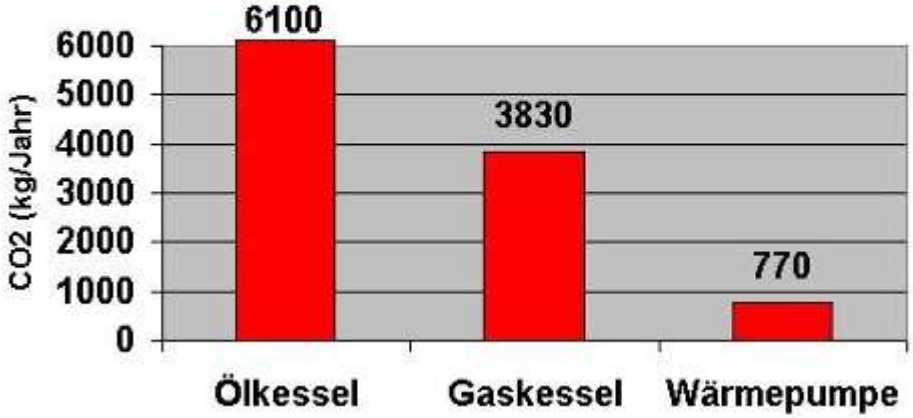
Anlage 18: Systemübersicht[145]



Anlage 19: AquaGeo Kollektor(AGK) Gesamtaufbau

Auch im ökologischen Vergleich schneidet eine Sole-Wasser-Wärmepumpe sehr gut ab. Sowohl der Einsatz von Primärenergie, als auch die CO_2 Emission wird durch das Versickerungssystem verringert. Die Begründung liegt auch hier in der Zunahme der kostenfreien Naturenergie und damit der Verringerung der Kompressorlaufzeit. Die Grundlage der Abbildung 62 bildet die Anlage 31, Zeile 7 CO2-Emmission(GEMIS).[131]

Abb.: **Emissionsvergleich** "global" Einfamilienhaus mit 8,8 kW Heizenergiebedarf. (Strom: 50% emissionsfrei, z.B. Wasserkraft; 50% kalorisches Kraftwerk)



Bei der Speicherung und Versickerung sollte jedoch eher aufgerundet als abgerundet werden, da durch längere Niederschlagsereignisse der Zufluss sich zeitlich erhöhen kann, was aus energetischer Sicht sehr interessant erscheint. Es muss betont werden, dass diese Charakteristik zunächst für den Raum Leipziger Tieflandsbucht markant ist. Eine plötzliche Änderung der Niederschlagscharakteristik ist nicht zu erwarten.

Durch das Umweltministerium des Landes Sachsen wurden in den Jahren 2004, 2005 und 2006 verschiedene Nachrichten und Pressemitteilungen vermittelt, in denen die Niederschläge bis zu 30 % zurückgingen. In den Sommermonaten fielen weniger Niederschläge und im Herbst zunehmend mehr. Diese Konstellation würde sich für das betrachtete Versickerungssystem als günstig erweisen, da der Flächenkollektor vor der eigentlichen Heizperiode nochmals zusätzliche Umweltenergie in Form von Regen zur Verfügung gestellt bekommt.

Mit einer fachgerechten Versickerungsanlage entfallen die Einleitegebühren für versiegelte Flächen, die jährlich bis zu 2,5 €/m² betragen können. Darüber hinaus schreiben viele Kommunen die dezentrale Versickerung von Regenwasser in Erschließungsgebieten bereits vor.

7. Fortschreibung des Verwertungsplanes

Die Lösung Wärmepumpen mit Flächen-Erdkollektoren wurde im Untersuchungszeitraum kaum nachgefragt. Die erforderlichen Grundstücksflächen für die Erdwärmekollektoren waren in den meisten Anwendungsfällen nicht vorhanden. Die Bauherren hatten mehr Vertrauen in die Tiefenbohrung.

Die neuen technischen Lösungen, die gegenwärtig von den Fa .Vaillant, Junkers, Rehau, Viessmann entwickelt werden, erfordern zukünftig nur noch 25 bis 30 % der bisherigen Bodenfläche für die Verlegung von Erdwärmekollektoren. Es wird eingeschätzt, dass z.B. 50 m² Kollektorfläche zukünftig eher möglich sind als 200 m². Bei einer 10 kW Gaswärmepumpe beträgt der notwendige Anteil der Erdwärme nur 2,5 kW. Eine Tiefenbohrung für 2,5 kW ergibt eine Bohrung von nur etwa 50 m. Es ist zu erwarten, dass sich die spezifischen Kosten für Tiefenbohrungen wesentlich erhöhen und somit der Erdkollektor als kostengünstigere Lösung mit den o.a. neuen Systemen und Verfahren und Einsparmöglichkeiten mehr nachgefragt wird.

Literatur

Kolbe, Dieter: Klimaänderungen - ändert sich auch der Charakter der Niederschlagsereignisse ?,
Ausarbeitungen für das Tiefbauamt Leipzig, 2001

2 Promotionsveröffentlichung von Dipl.-Ing. Klaus Ramming: TU Dresden-Institut für Energietechnik, HLH-Mitgliederausgabe, Springer-VDI Verlag, Heft 06/2007, Seite 24ff

3 VDI Richtlinie 4640 Blatt 2: Thermische Nutzung des Untergrundes erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen, Ausgabe 2001, Seite 12

4 ENERelektronik GmbH, Mommsenstraße 4, 04329 Leipzig

5 Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner, Forschungs- und Entwicklungsantrag vom 08.01.2002

6 Lindner, Lothar: Anordnung und Verlegung von Rohrleitungen für einen Erdkollektor in Kombination mit einem Versickerungssystem, Veröffentlichung vom 01.04.2004

7 Patent Horst Gnaß, Herstellungsverfahren für Erdkollektoren zur Entnahme oder Speicherung von Wärmeenergie, Veröffentlichung 19.05.1982

8 Patent VEB Kabelwerke Oberspree, DDR, System zur Gewinnung und Übertragung von Wärmeenergie, Veröffentlichung vom 17.09.1987

9 Patent VEB Kabelwerke Oberspree, DDR, System zur Gewinnung und Übertragung von Wärmeenergie, Veröffentlichung vom 17.09.1987

10 Patent Nägelbau Ges.mbH., Erdkollektor zur Erdwärmegewinnung und zur Wärmespeicherung im Erdreich, sowie Verfahren zur Errichtung eines Kollektors, Veröffentlichung vom 23.11.1989

11 Patent Yvan Quintal, United States Patent, Ground heat exchanger, 21.10.1976

12 Patent Dr. Klaus Lands, Erdkollektoren für Wärmepumpen, Veröffentlichung vom 11.05.1983

13 Patent Heinz Gerbert, Earth collector for a heat pump system or a recuperative earth cooling system, Veröffentlichung vom 15.08.1984

14 B. Glück, Simmulationsmodell "Erdwärmekollektor" zur wärmetechnischen Beurteilung von Wärmequellen, Wärmesenken und Wärme-/Kältespeichern www.berndglueck.de

Bild 79: Einfamilienhaus Fam. Langhardt

3.1.2. Auslegung des Flächenkollektors mit Versickerungssystem

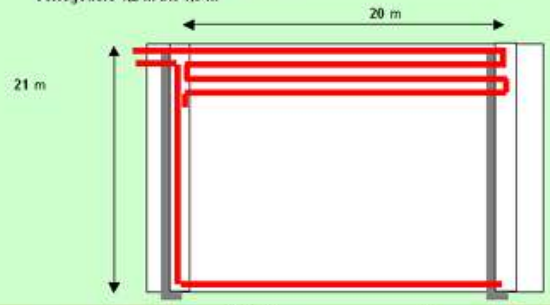
Die erforderliche Heizlast wurde mittels Energieausweis ermittelt. Sie beträgt für das Einfamilienhaus mit 230 m² Nutzfläche 15,76 kW.
Mit der im IBL entwickelten Software wurden in Zusammenarbeit mit der ortsansässigen Fa. Elektro-Lehmann die Abmessungen und die Richtkosten des Erdkollektors ermittelt.

Langhardt

	Heizlast lt.E-Pass				**15.760 W**
(Befeuchtungseinrichtung nicht dargestellt)	**Zuschlag WWB**	**Personen**		**3**	**750 W**
	Sperrzeit	**Stunden**		**2**	**1.261 W**
	Verdampferleistung	**Leistungszahl**		**4**	**12.383 W**

Preise Rohr Fa. REHAU		**Entzugleistung**	**30**	W/m²	**12.383**	**W**	**m²**	**413**

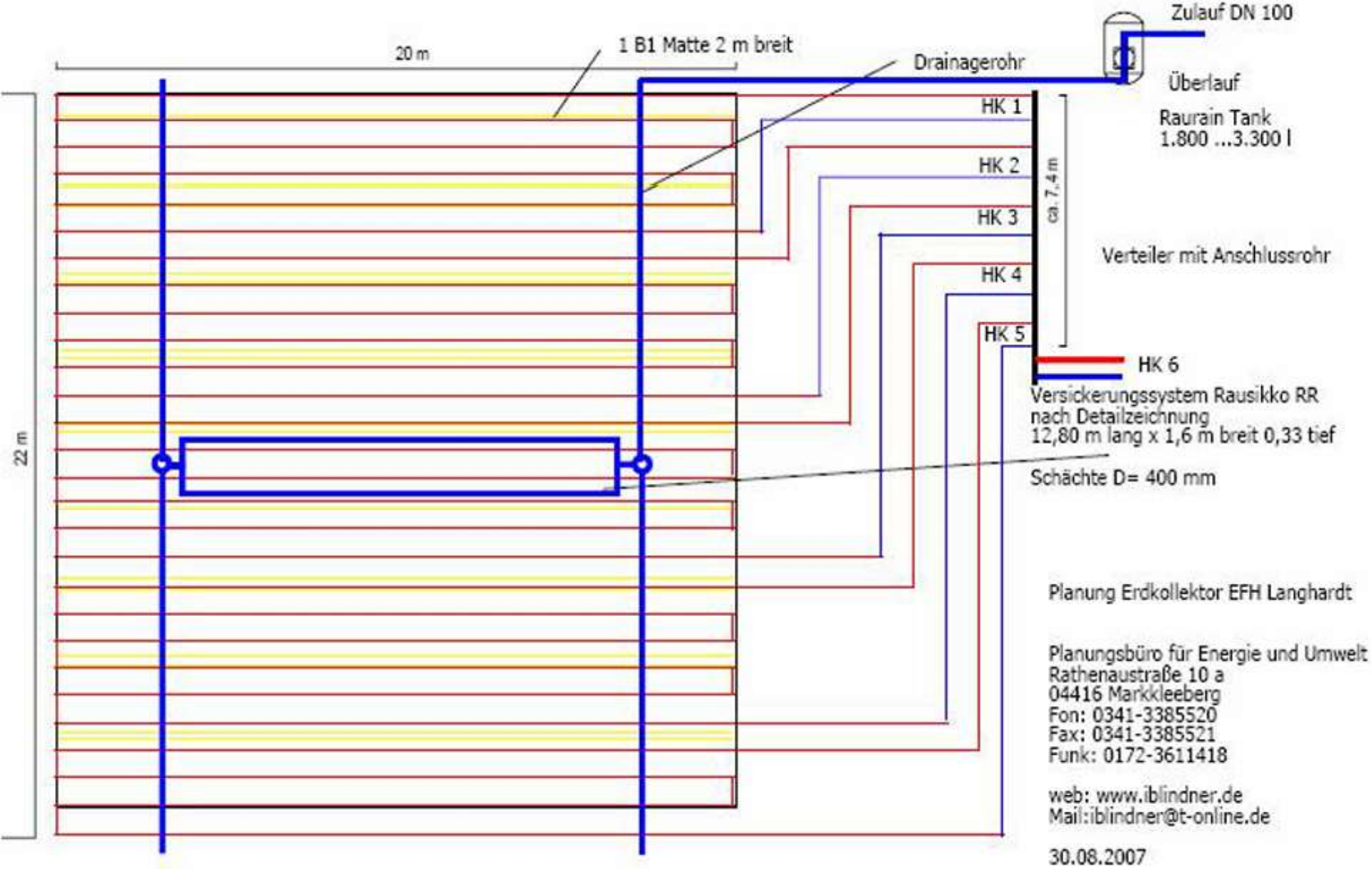
590 m **Rohr Raugeo collect PE-XaSDR11, 32x2,9**
580 m **Verlegetiefe 1,2 m bis 1,5 m**



Abstand	**0,7**	**m**

Preise			Euro/m	m	Netto	Brutto
RAUGEO	32x2,9 mm	Xa	3,90	580,00	2.262,00	2.691,78
Verteiler mit anschlussrohr 32x2,9		Solekreise 6	799,00			
Drainagerohr DN80	28,28		3,10 Euro/m	87,68	87,68	104,34
Vlies-Terram1000	11,0x4,5	1	87,00 Euro/St	87,00	87,00	103,53
Summe Rohr + Zubehör						2.899,65
Tiefbau	495 m²		10 Euro/m²		4953,38	5.894,52
Gesamtpreis						**8.794,17**

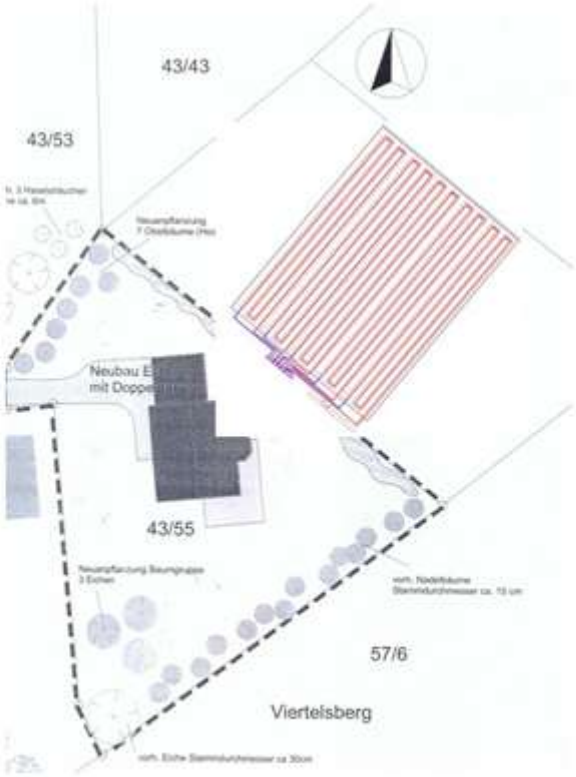
Bild 80:
Auslegung-Kosten-Erdkollektor mit Bewässerung der Großversuchsanlage EFH Bad-Lausick (bei Leipzig)


Zulauf DN 100
20 m
1 B1 Matte 2 m breit
Drainagerohr
Überlauf
HK 1
Raurain Tank
1.800 ...3.300 l
HK 2
ca. 7,4 m
HK 3
Verteiler mit Anschlussrohr
HK 4
HK 5
HK 6
Versickerungssystem Rausikko RR
nach Detailzeichnung
12,80 m lang x 1,6 m breit 0,33 tief
22 m
Schächte D= 400 mm
Planung Erdkollektor EFH Langhardt
Planungsbüro für Energie und Umwelt
Rathenaustraße 10 a
04416 Markkleeberg
Fon: 0341-3385520
Fax: 0341-3385521
Funk: 0172-3611418
web: www.iblindner.de
Mail:iblindner@t-online.de
30.08.2007

	Kapitalkosten Euro	Jahreswärmekosten Euro/a	Jahresvollkosten Euro/a	Bemerkung
S/W Wärmepumpe Heizung L/W Wärmepumpe Warmwasser + Erdkollektor	23.500,- Annuität 14% =3.290 ,-	230,75	3.520,75	ENEV 2009 Wird erfüllt
Brennwertkessel +Schornstein +Erdgasanschluss +L/W Wärmepumpe Warmwasser	12.000,- Annuität 14% 1.680,-	2.370,- Wärmekosten 29.637 kWh/a lt. E-Pass 0.08 Euro/kWh	4.050,96	dgl.

Bild 81: Wirtschaftlichkeitsvergleich für die Heizungsanlage des EFH Langhardt

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich spricht eindeutig für die Wärmepumpenlösung.



3.1.4. Installation des Flächenkollektors mit Versickerungssystem

Die Verlegung des Erdwärmekollektors erfolgte nach dem Bild 82. Über den gesamten Bereich des Erdkollektorrohres 32 x 2,9 mm wurde ein Drainagerohr DN 50 verlegt.

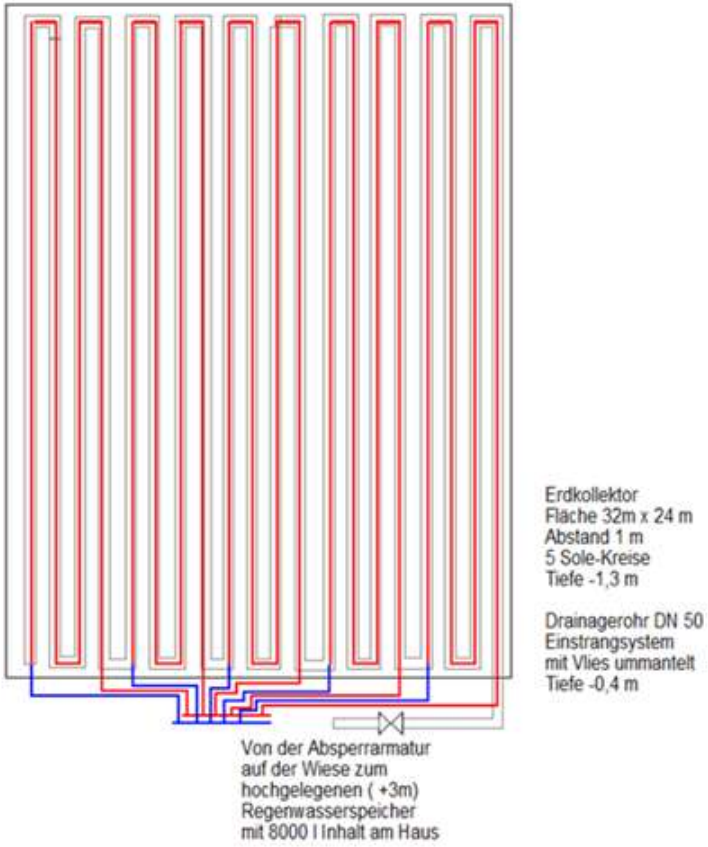


Abbildung 83: Detail Erdkollektor mit Befeuchtung

Abbildung 84: Diese Absperrarmatur gibt die Befeuchtung vom Hochbehälter frei

Fazit:
Die Nutzung des Erdwärmekollektors als Wärmequelle hat sich schon in der ersten Nutzungsperiode als sehr wirtschaftlich erwiesen.

Hier handelt es sich um einen idealen Anwendungsfall durch

- einen hochgelegenen Regenwassersammelbehälter
  (3 m Höhenunterschied, 8 m^3-Inhalt)
- die vorhandene Fläche für den Erdwärmekollektor (32 m x 24 m)

5

Studiengang Energietechnik
Studienrichtung Energie- und Versorgungstechnik (EVT)

Erarbeitung einer Studie zur wirtschaftlichen und technologischen Betrachtung eines Musterhauses unter Berücksichtigung der regenerativen Energienutzungssysteme und deren Förderung

Diplomarbeit Nr. 92 / 04

von

Anke Perleß

geb. am 26.11.1981

in Bautzen

Matrikelnummer 29494

Verantwortlicher Hochschullehrer: Herr Prof. Dr.-Ing. habil Müller

Leipzig, März –Juli 2005

Werden nun die ***Investitionskosten, die betriebs- und die verbrauchsgebundenen Kosten zusammengerechnet und auf 20 Jahre aufgerechnet***, ergeben sich die Werte, die in Diagramm D-V-6.5 abgelesen werden können. Die Zinsen, die aufgrund der Kredite anfallen, werden nicht berücksichtigt. Welche Technologie in dem Musterhaus zur Anwendung kommen soll, sollte nach dem Gesichtspunkt der Gesamtkosten nach 20 Jahren gewählt werden. Ins Auge sticht die sehr hohen Gesamtkosten des Pelletkessels mit Solarthermie-Anlage mit 48.800,82 € (die jährlichen Kosten betragen 2.473,92 €). Diese Summe, speziell die Investitionskosten, sind für eine deutsche Durchschnittsfamilie mit einem monatlichen Brutto-Einkommen von (angenommen) 2.000 € nicht vertretbar. Somit entfällt diese Möglichkeit zur Wärmeerzeugung. Die Gesamtkosten des Gas-Brennwertkessels liegen bei 34.036,57 € und sind für eine Durchschnittfamilie vertretbar (die jährlichen Kosten betragen 1.701,83 €). Doch in Anbetracht des derzeitigen Weltmarktes für Erdgas, daraus resultierend die steigenden Erdgaspreise und die eventuelle Versorgungsunsicherheit ist es günstig, von dieser Technologie abzuraten. Anzuraten auch aus dem Grunde, da die Gesamtkosten einer Wärmepumpen-Anlage mit 29.704,21 € knapp 5.000 € unter denen des Gas-Brennwertkessels liegen. Diese Anlage ist umweltfreundlich und die Versorgungssicherheit Sonnenenergie und dem Strom ist gegeben. **Damit wird für das Musterhaus nach den Gesamtkosten nach 20 Jahren die Wärmepumpen-Anlage gewählt.**

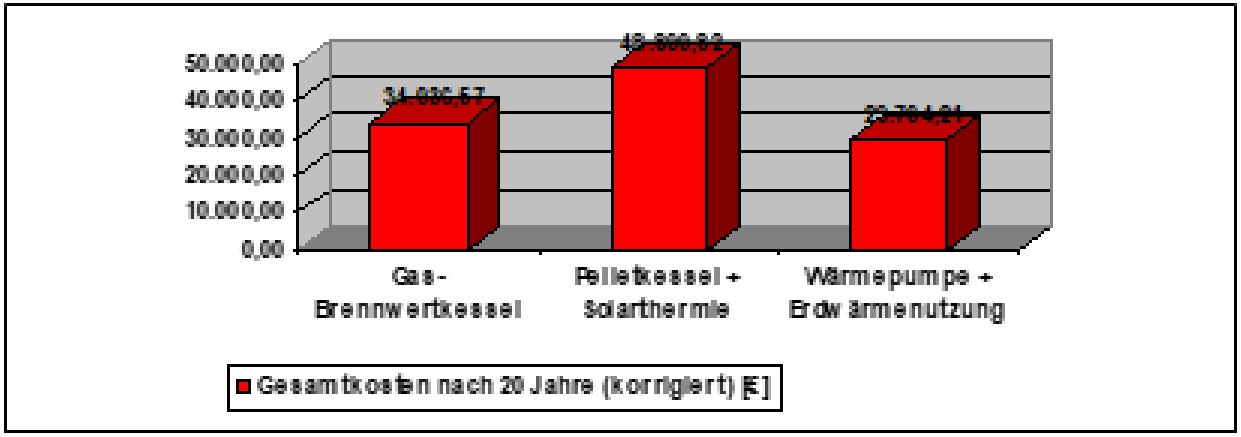


Diagramm D-V-6.5: Gegenüberstellung der Gesamtkosten nach 20 Jahren

6

Entwurf einer Erdwärmesiedlung

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieur

vorgelegt von Tobias Thomanek

Studienrichtung : Bauingenieurwesen
Vertiefung Hochbau

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
Fachbereich Bauwesen

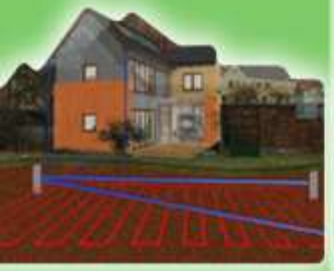
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wilfried Norbert Lewitzki
FG Hochbau
LG Baukonstruktion/ Konstruktives Entwerfen

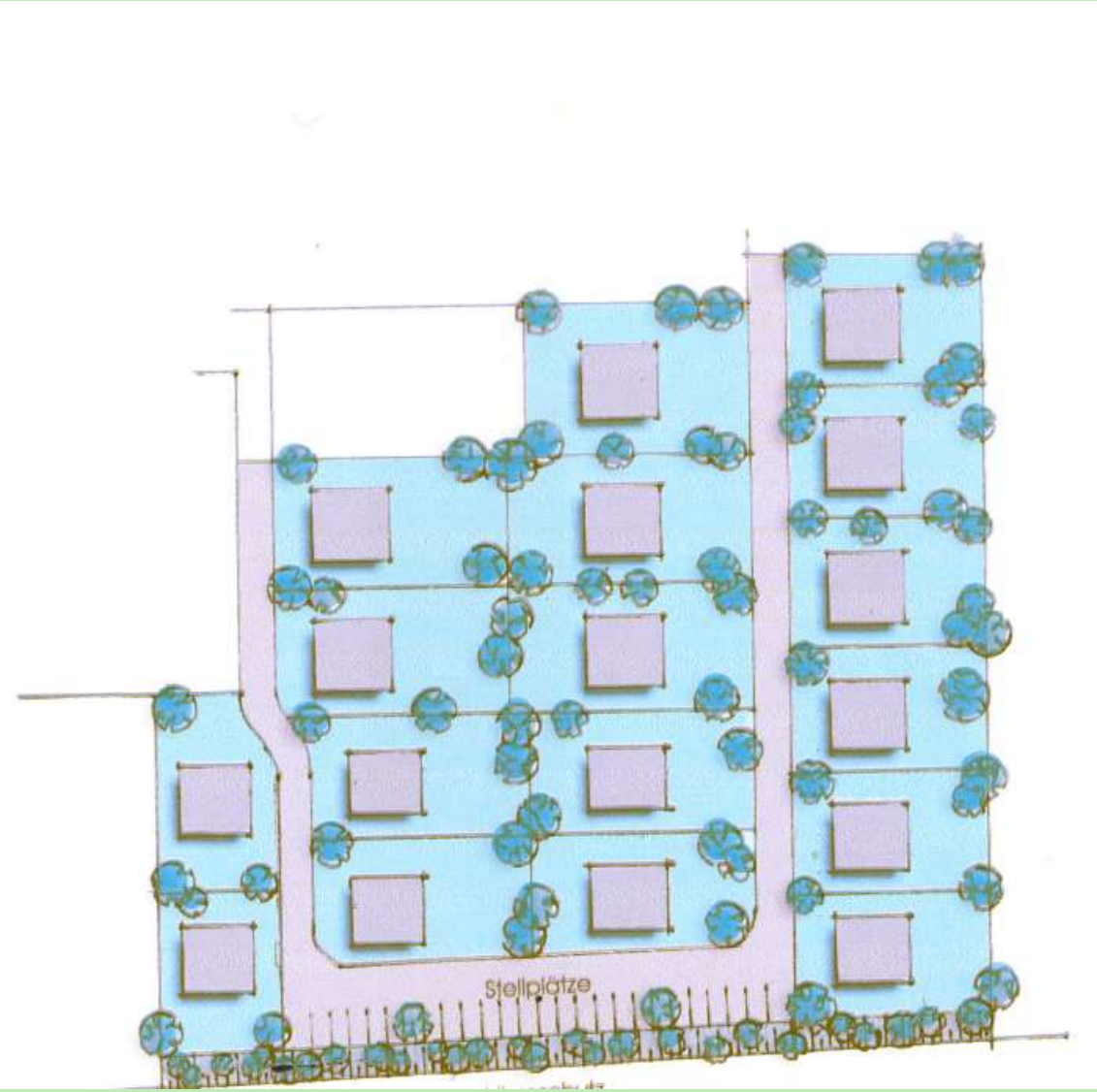
August 2007

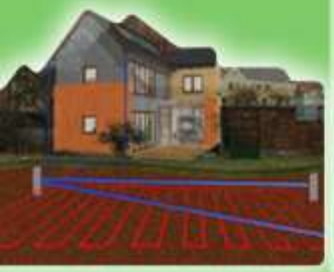
Modellvorhaben Erdwärme mit
Hocheffizienzerdkollektor
Markkleeberg-Kleine Hauptstraße
Lageplan
Maßstab 1:250
Stand 06.07.08
Deutsche Bank
Fläche 850m²
26m

Innovationszentrum für regenerative Energien (IRE)
Planungsbüro für Energie & Umwelt Lindner

Ing.-Büro für Heizung - Lüftung - Sanitär - Fernwärme - Rohrbau - Solar
VDI - VBI - TÜV-Zulassung Software - Multimedia-Präsentationen







Der erste Bauherr mit Erdwärme in der Mustersiedlung

7

Kollektorenverlegung per Grabenfräse: Michael Walter, Gerd Lehmann, Lothar Lindner (mit Kamera) und im Bagger Dirk Hecht beim Bad Lausicker Pilotversuch. Foto: Jens Paul Taubert

Schlitze im Boden genügen

Firmen kooperieren und bieten neues Verfahren zur Verlegung von Erdwärme-Kollektoren

Von EKKEHARD SCHULREICH

Bad Lausick/Markkleeberg. Erdwärme ist im Kommen: Angesichts steigender Kosten für Öl, Erdgas und Strom ist es für eine zunehmende Zahl von Häuslebauern interessant, die Energie zu nutzen, die der Boden des Grundstücks bereithält. Bisher sind Tiefenbohrungen nötig oder das großflächige Verlegen von Kollektoren. Dass es preiswerter und unaufwendiger geht, zeigen das Markkleeberger Ingenieurbüro Lindner und das Bad Lausicker Unternehmen Elektro-Lehmann.

Erdwärme zur Energiegewinnung „anzuzapfen", vielen Investoren erscheint das lukrativ – und nicht nur für Einfamilienhäuser, auch für große Wohngebäude und Industriebauten. Um die Erdwärme für ein Eigenheim nutzbar zu machen, bedarf es entweder zweier 60 Meter tiefer Bohrungen oder einer Kollektorfläche, die auf 10 mal 15 Metern unter dem Rasen verlegt wird. Ersteres ist kostenintensiv, Letzteres kommt nur für große Grundstücke in Frage. Dass es eine dritte Variante gibt, zeigte ein Pilotversuch, den Diplom-Ingenieur Lothar Lindner und Bauunternehmer Gerd Lehmann vorgestern Nachmittag auf dem Bad Lausicker Viertelsberg starteten: Ein Kompaktlader, ausgestattet mit einer Grabenfräse, schlitzte den Boden nur, damit die Kollektoren verlegt werden können. „Nach einem Jahr sieht man an der Grasnarbe nichts mehr", sagt Lindner. Das sei nur halb so teuer wie Tiefenbohrungen. Um die Energieausbeute um zehn Prozent zu steigern, wird die Kollektorfläche mit dem Nass der Dachentwässerung feucht gehalten – nach einem ganz bestimmten Verfahren, dass sich Lindner hat patentieren lassen. Weitere zehn Prozent Energieeinsparung bringt die Abluft, deren Wärme zur Aufheizung der im Kollektor zirkulierenden Sole genutzt wird.

„Dass ich Erdwärme will, stand für mich von vornherein fest. Nur welches Verfahren ich wähle, war für mich die Frage", sagt der Bad Lausicker Lutz Langhardt, auf dessen Viertelsberg-Grundstück der kleine Bagger vorgestern binnen Kurzem Tatsachen schaffte. Für Bauunternehmer Gerd Lehmann ist das der Auftakt einer engen Kooperation mit dem Markkleeberger Ingenieurbüro. Auch bislang habe er schon Erdwärme-Anlagen errichtet, aber meist per Bohrung. Jetzt wollen Lindner und Lehmann am Markt mit Paketlösungen aus einer Hand aufwarten; namhafte Wärmepumpenhersteller praktizieren das bereits mit herkömmlichen Verfahren. Lindners Büro plant den Bau einer reinen Erdwärme-Siedlung in Markkleeberg-Großstädteln; die Bad Lausicker Firma will sich als Partner in Sachen Erdwärme profilieren. Man arbeite auch an einem gemeinsamen Forschungsantrag, der bei der Wirtschaftsförderung in Leipzig eingereicht werden soll.

Ein ehrgeiziges Projekt verfolgt Lothar Lindner im erzgebirgischen Seiffen: Aus dem ehemaligen Erlebnisbad will er ein Klimaschutzzentrum machen. Am Wochenende findet dort eine erste große Veranstaltung statt.

www.lbl-lindner.de

3.4. Entwicklung einer neuen patentierten Verlegeart von Erdkollektoren mit Bewässerung

Gemeinsam mit dem Quellvlieshersteller BNP Brinkmann GmbH Co.KG wurde das folgende Gebrauchsmuster entwickelt

Verlegung von Rohrleitungen für einen Erdkollektor für das Medium Luft und Wasser-Sole in Kombination mit einem Regenwasserversickerung-Flüssigboden-Quellvliesmatten-System

Es wurde eine neue Lösung zur nachhaltigen Verbesserung der Bedingungen für einen sehr guten Wärmeübergang vom Erdreich auf das Medium Sole/Wasser entwickelt.
Die Erfindung betrifft die Anordnung und Verlegung von Rohrleitungen für einen Erdkollektor in Kombination mit einem Regenwasserversickerung-Flüssigboden-Quellvliesmatten-System im Zusammenhang mit der Nutzung der Erdwärme durch Wärmepumpen mit dem Ziel, den Wärmeübergang vom Erdreich über das Rohr auf das Medium Luft oder Sole-Wassergemisch wesentlich zu verbessern.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die im Patentanspruch 1 angeführten Merkmale gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass in einem geschlitztem Rohrgraben 1 entsprechend Fig. 1 mit einer Breite von ca. 0,3 m und einer Tiefe von 1,4 m ein Erdkollektorrohr 2 aus Kunststoff in einer Tiefe von ca. 1,2 m verlegt ist, eingebettet in Flüssigboden 3 mit einer Höhe von 0,3 m, umgeben und begrenzt durch eine Quellvliesmatte 4 bis auf die Höhe des Flüssigbodens.
In einer Tiefe von 0,4 m unter der OK Erdreich wird über die Achse des Erdkollektorrohres 2 ein Regenwasserversickerungsrohr 5 als Tropfrohr bzw. Drainagerohr oder sonstiges Kunststoffrohr mit Öffnungen zum Regenwasseraustritt angeordnet.

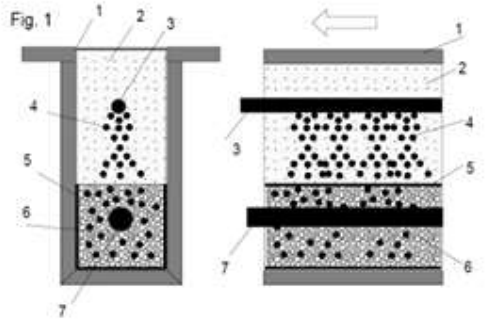
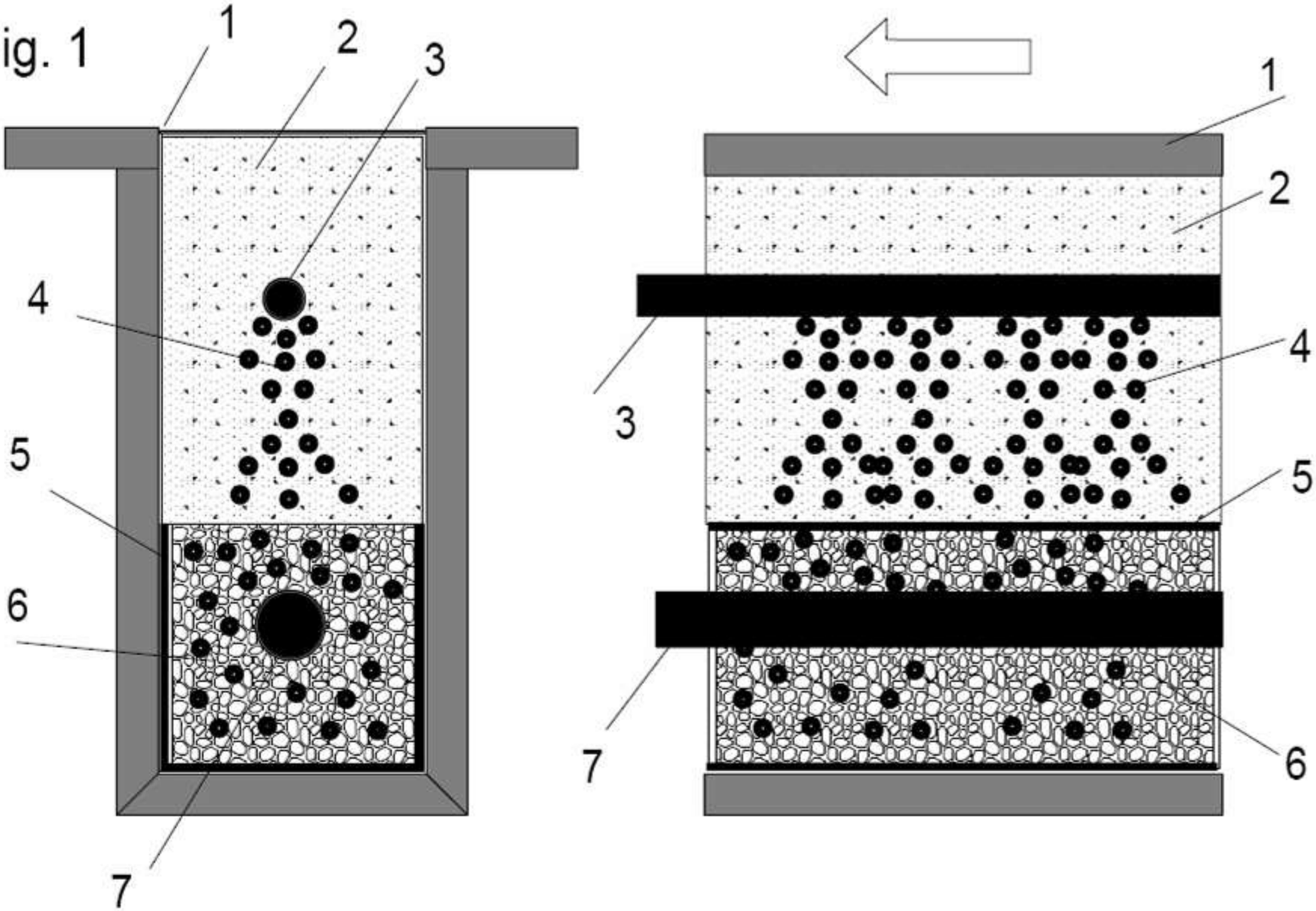


Bild 88: Regenwasserversickerung-Flüssigboden-Quellvliesmatten-System

Es wird vorgeschlagen, diese Lösung mit der ZAE in Richtung Patentanmeldung weiterzuentwickeln.

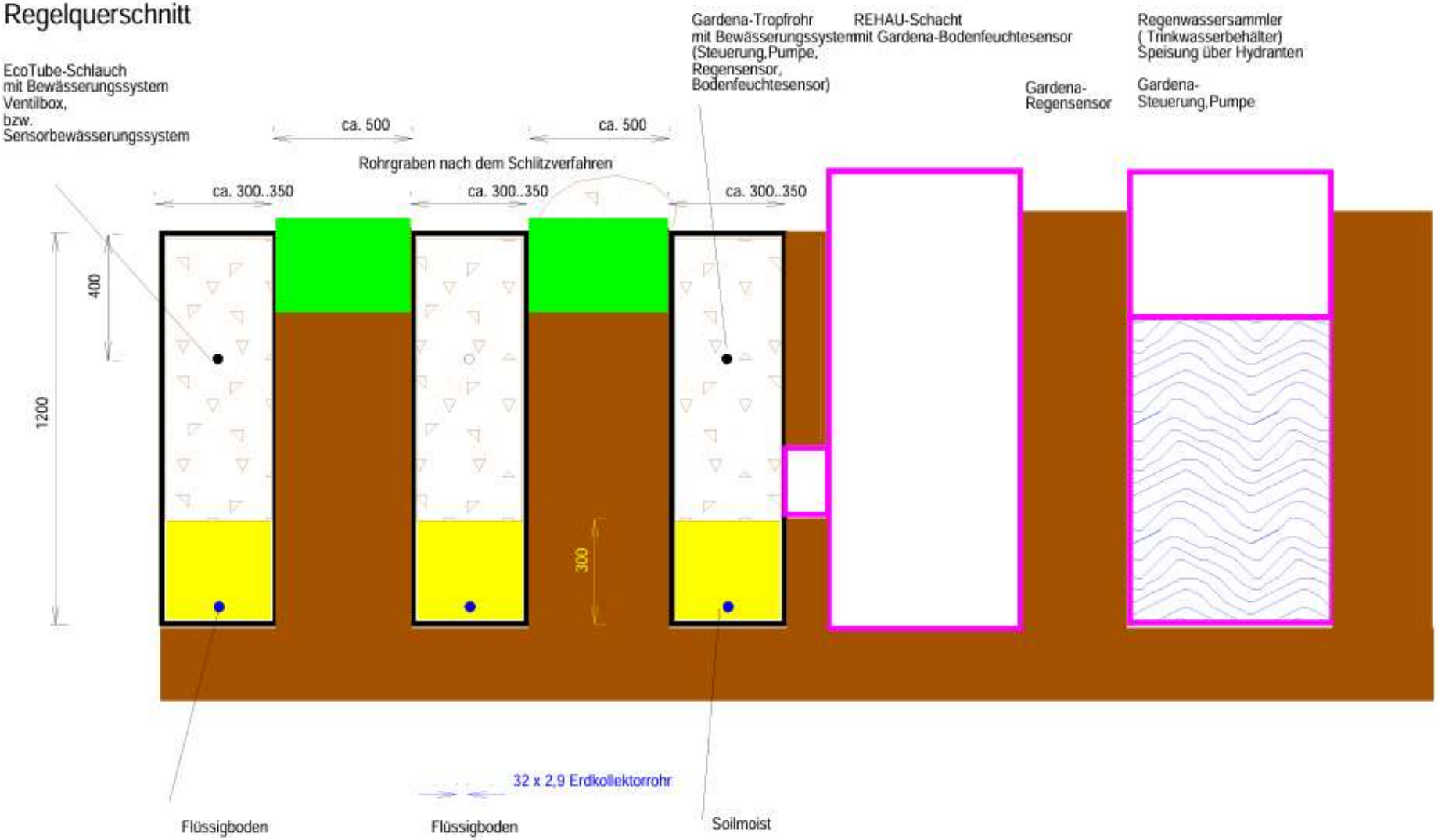
Diese Lösung sollte generell verfolgt werden, da sie den Wärmeübergang nachhaltig wesentlich verbessert und die Abhängigkeit von der Bodenklasse mindert.

Fig. 1



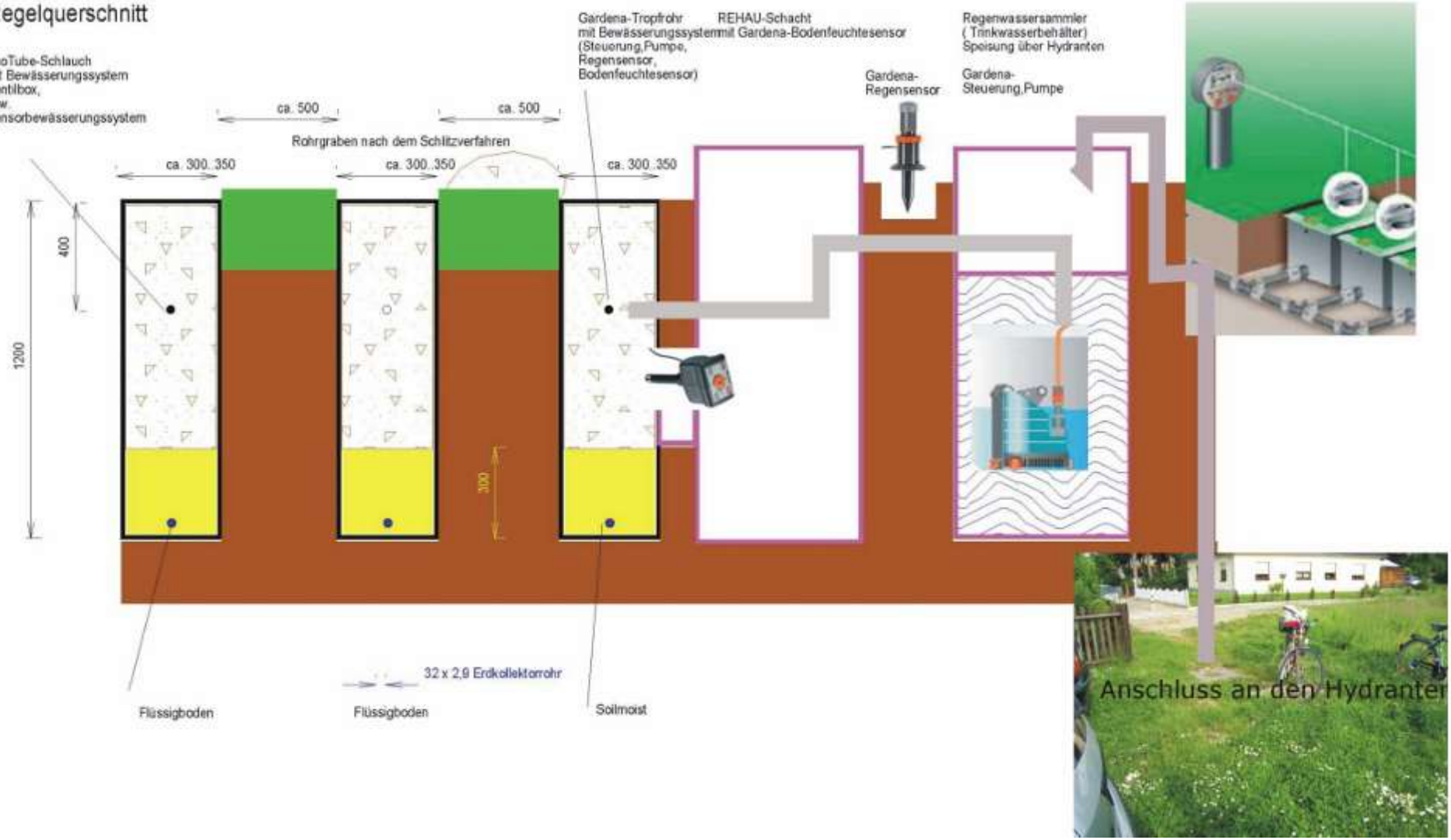
Versuchsanlage
Erdkollektor in Kombination
mit einem Regenwasserversickerungssystem
gekoppelt mit einem
unterirdischen Pflanzenbewässerungssystem

Regelquerschnitt



Versuchsanlage
Erdkollektor in Kombination
mit einem Regenwasserversickerungssystem
gekoppelt mit einem
unterirdischen Pflanzenbewässerungssystem

Regelquerschnitt

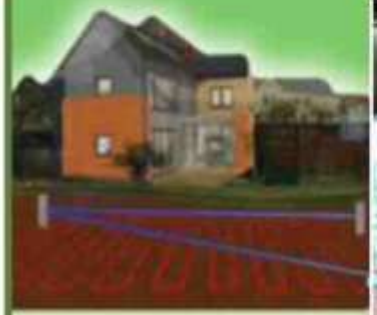


Bewässerungsfläche
ca. 0,35 m breit und ca. 10,0 m lang
mit unterschiedlichen Pflanzen
aber in jedem Feldstreifen gleich.
Der Mittelstreifen wird nicht bewässert.

Hydrant

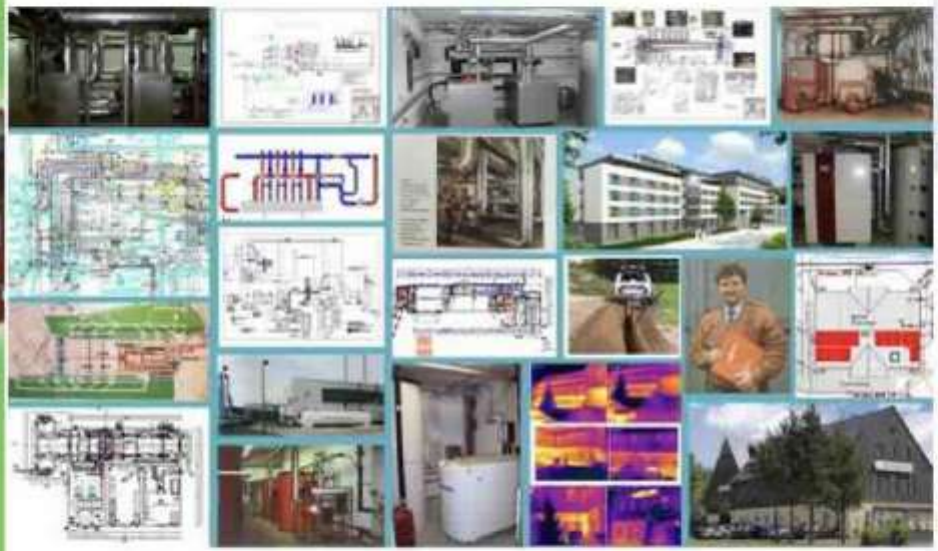
Gardena-Bewässerungssystem

Versuchsanlage Erdkollektor in Kombination mit einem Regenwasserversickerungssystem gekoppelt mit einem unterirdischen Pflanzenbewässerungssystem-Bewässerungsversuche



Planungsbüro für Energie und Umwelt Lindner

Seit 1990



ENERGIEMETROPOLE LEIPZIG – Das Cluster Energie & Umweltbeschnik der Stadt Leipzig

Ehrenmitglied im

NEU NETZWERK ENERGIE & UMWELT e.V.

Siedlerstraße 1
01662 Meißen

0172-3611418
www.iblindner.de
iblindner@me.com

Spezialist
für Wärmepumpen-Erdwärme-Hybrid-PV-Anlagen
VDZ-Heizungschecks – Hydraulischer Abgleich
Nah-Fernwärme- Unterlagen für Fernwärmeanträge
Gefährdungsanalysen – Risikoberwertungen
für Trinkwasseranlagen