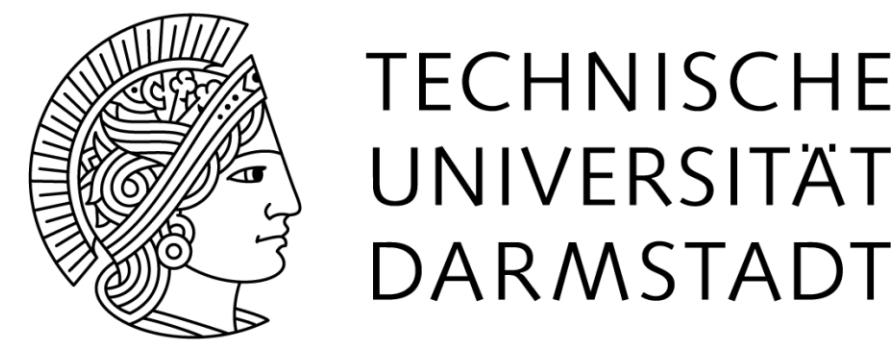


Erkundung und Herkunft einer geogenen Kohlendioxid-kontamination eines Thermalsolebades, Bad Nauheim

Ingo Sass & Rafael Schäffer*

Fachgebiet Angewandte Geothermie, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Darmstadt



Zusammenfassung

Im oberflächennahen Grundwasser Bad Nauheims sind anomal hohe Temperaturen, Salz- und Kohlendioxidkonzentrationen beobachtet worden. Letztere sind auch in der Bodenluft nachweisbar. Der Kontaminationsherd befindet sich im Sprudelhof, einer weltweit einzigartigen Kuranlage im Jugendstil, in dem heute aus zwei Bohrungen aus den Jahren 1838 und 1852 kohlendioxidhaltige Thermalsole aus einer Teufen von 147 m gefördert wird (Abb. 1). Der Soleaufstieg erfolgt natürlich durch Gaslift (Abb. 2). Zur Erkundung der Kontamination wurde ein Messstellennetz errichtet. Kernstück bilden Duo-Brunnen, in denen eine unabhängige Beprobung des Grundwassers und der Bodenluft möglich sind. Seit zwei Jahren stattfindende Stichtagsmessungen (Abb. 3) und eine Erkundung der Sprudelfassungen selbst haben ergeben, dass Sole und Kohlendioxid unkontrolliert aus den Fassungen austreten und sich im oberflächennahen Untergrund ausbreiten (Abb. 4 bis 6). Für die zwei obersten Grundwasserstockwerke konnten gut übereinstimmende Sole-Grundwasser-Mischungsverhältnisse (Tab. 1) sowie Gradienten der Zunahme der Temperatur, elektrischen Leitfähigkeit (Abb. 7) und Kohlendioxidkonzentration (Abb. 8) berechnet werden.

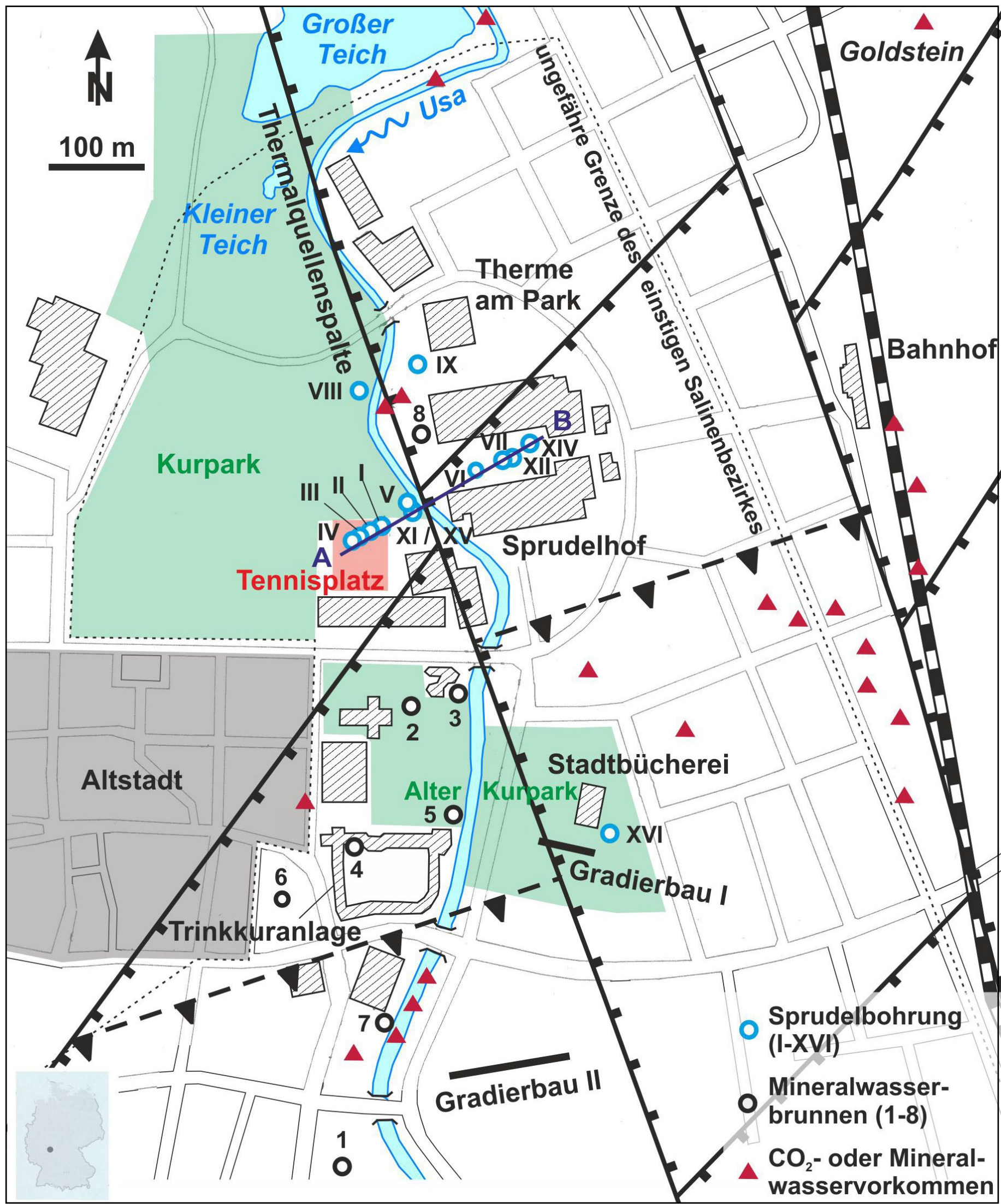


Abb. 1: Lageplan der Sprudelbohrungen, Mineralwasserbrunnen und natürlicher Kohlendioxid- oder Mineralwasservorkommen in der Innenstadt Bad Nauheims mit nachgewiesenen und vermuteten tektonischen Störungen.

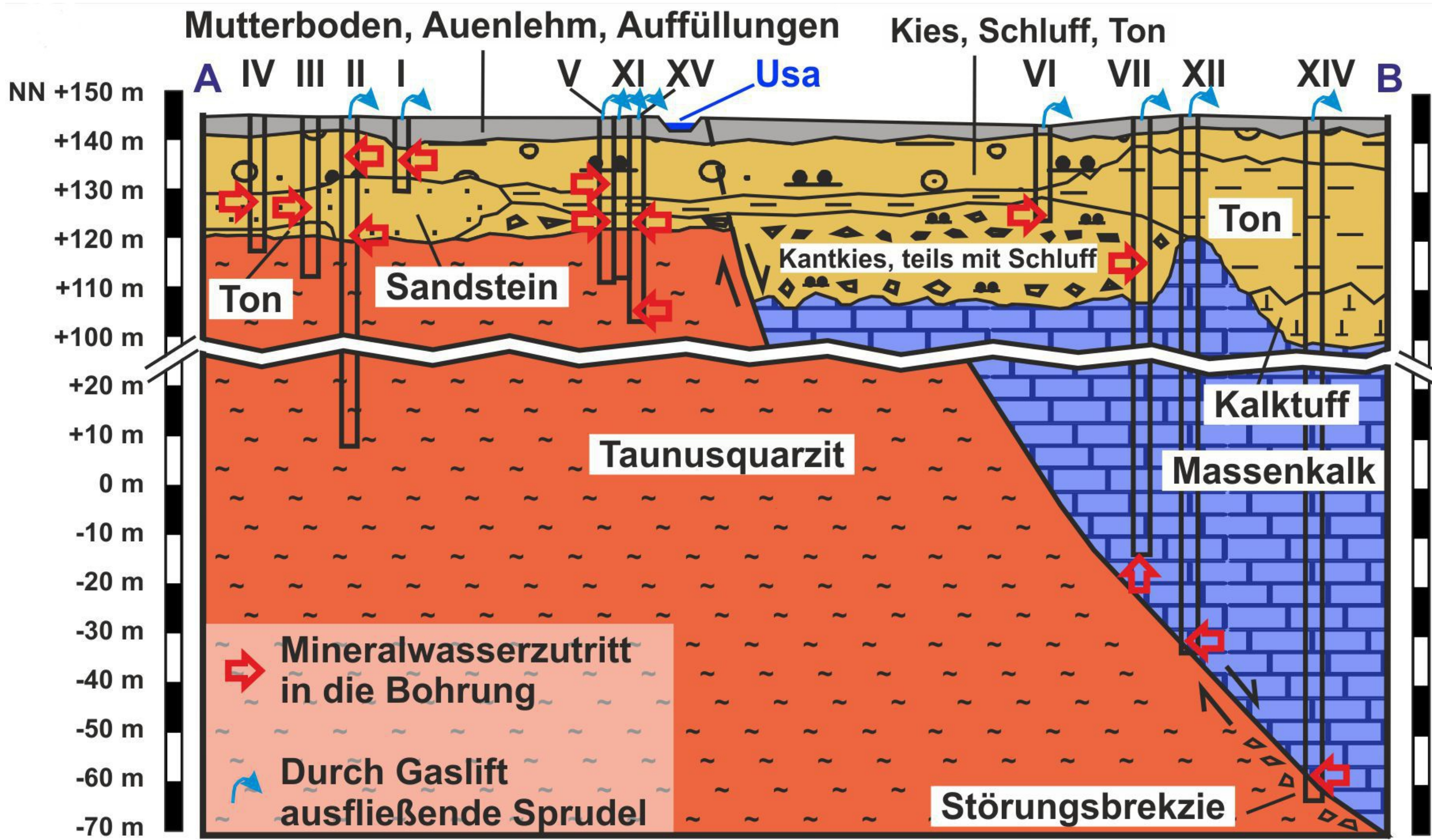


Abb. 2: Vereinfachtes geologisches Profil (Lage in Abb. 1) durch den Sprudelhof und konzeptionelles Modell zum Soleaufstieg. Die Breite der Bohrungen ist nicht maßstabsgetreu.

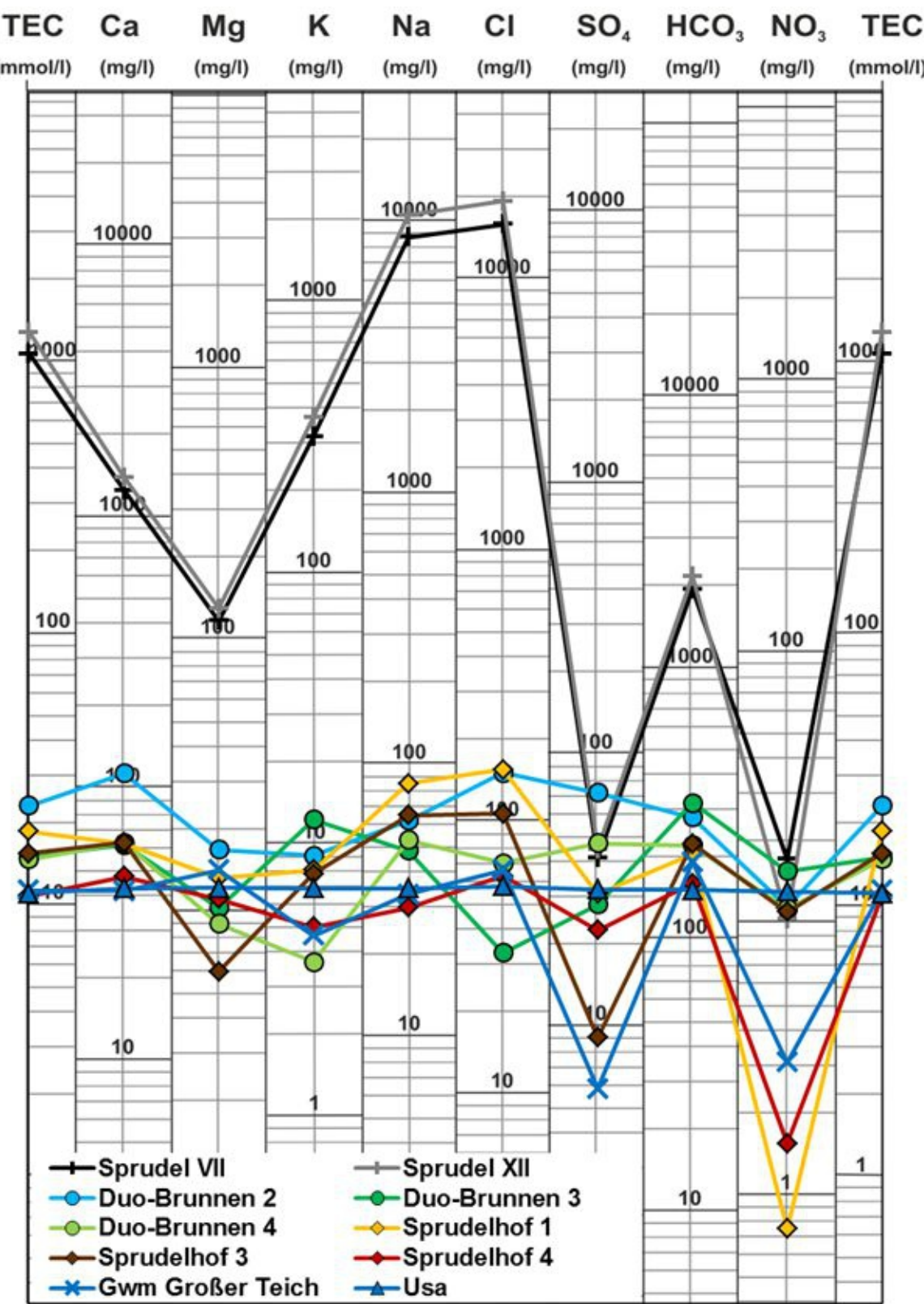


Abb. 4: Auf die Usa (Bach) normiertes Schoeller-Diagramm mit den Ganglinien hydrochemisch ähnlicher Wässer der Stichtagsmessung am 29.06.2015. Die Ganglinien der Sprudel VII und XII sind als Referenz eingetragen.

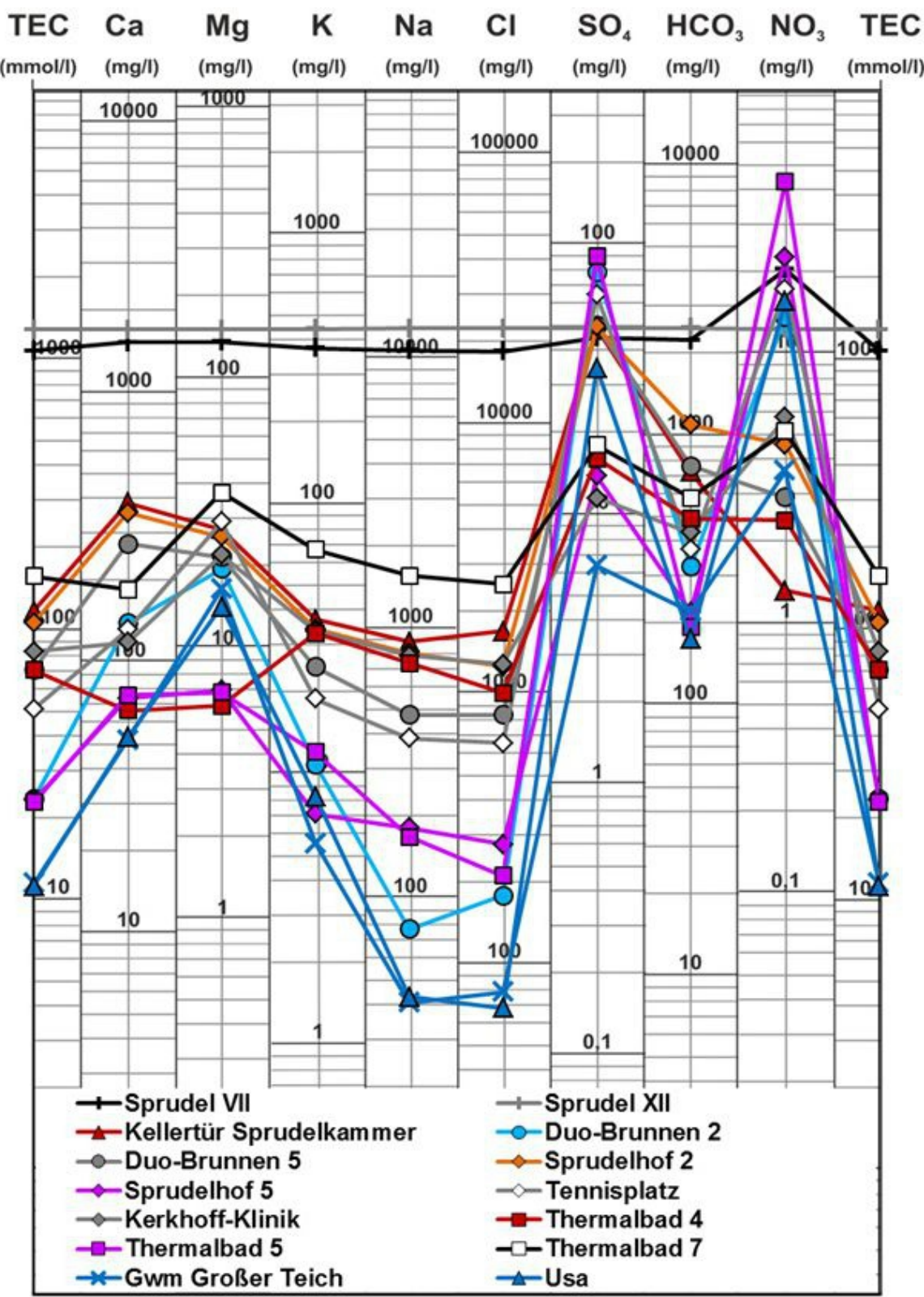


Abb. 5: Auf Sprudel XII normiertes Schoeller-Diagramm mit den Ganglinien hydrochemisch ähnlicher Wässer der Stichtagsmessung am 29.06.2015; Ganglinien Großer Teich, Duo-Brunnen 2 und Usa zum Vergleich eingetragen.

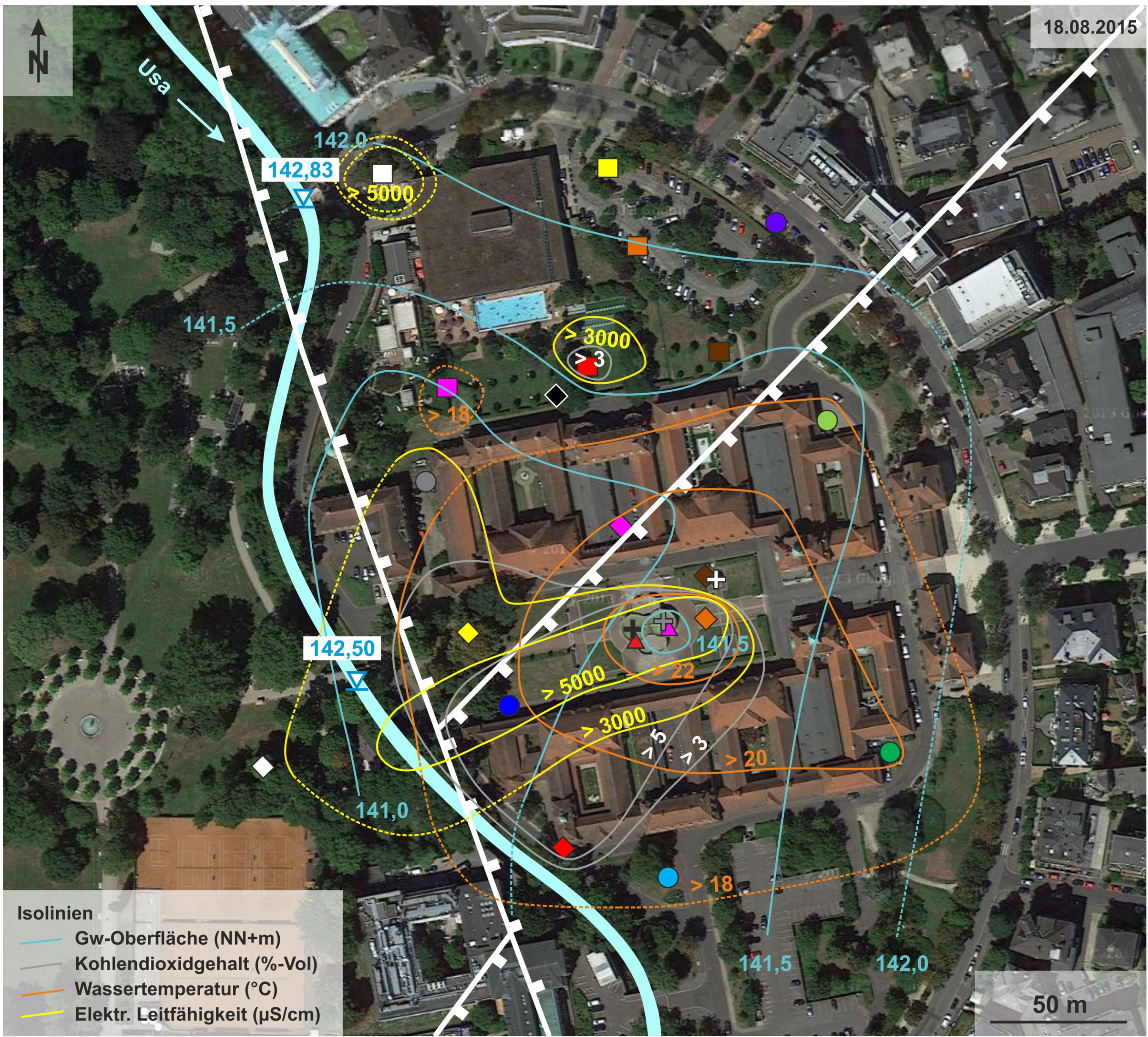


Abb. 3: Isolinenkarte für die Stichtagsmessung am 18.08.2015 mit der Lage nachgewiesener Abschiebungen im Bereich des Sprudelhofes aus. Legende der Messstellen in Abb. 6, Satellitenfoto aus www.google.de/maps

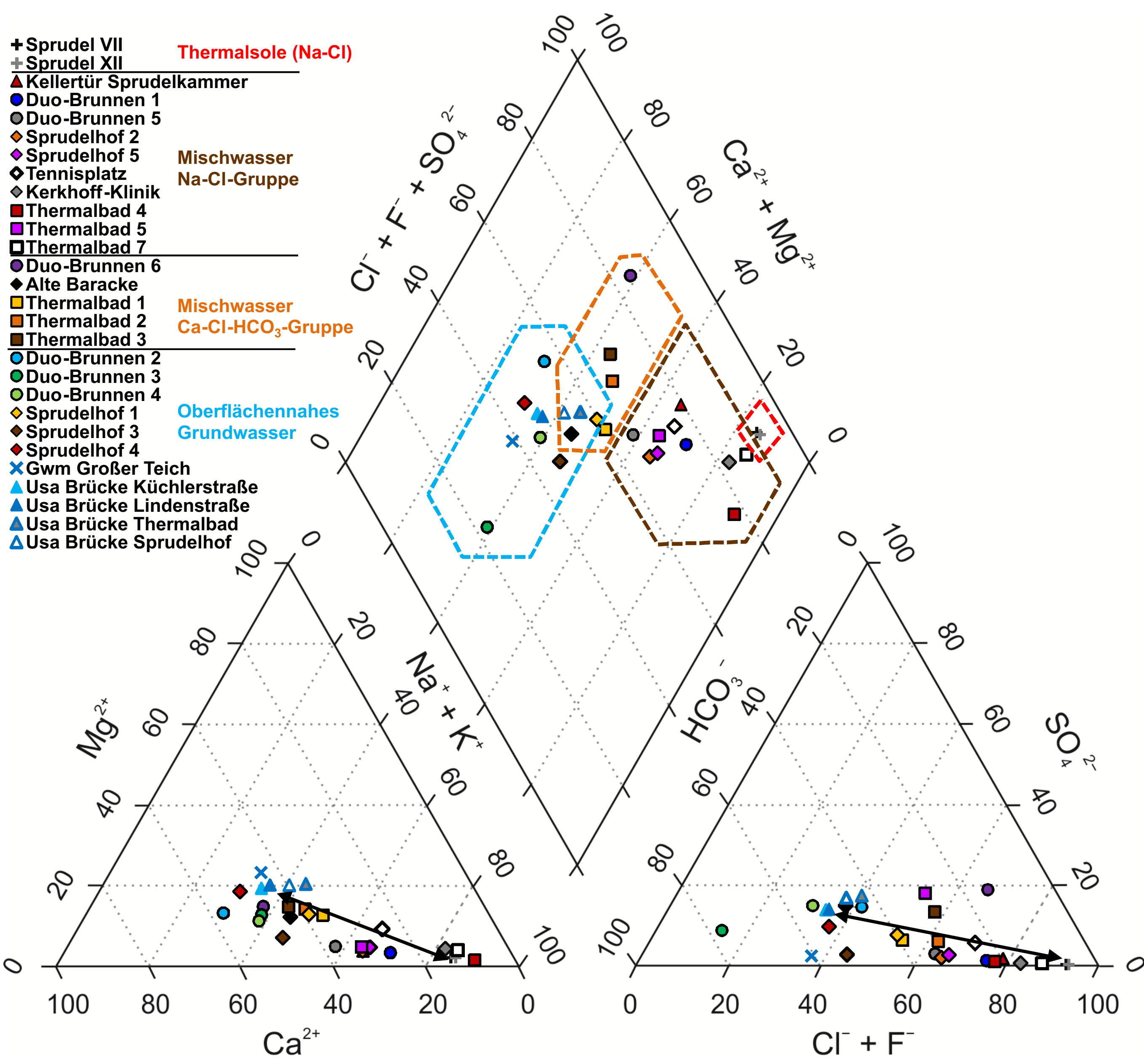


Abb. 6: Piper-Diagramm mit den Daten der Stichtagsmessungen am 29.06.2015 und 18.08.2015 und den vier hydrochemischen Hauptgruppen.

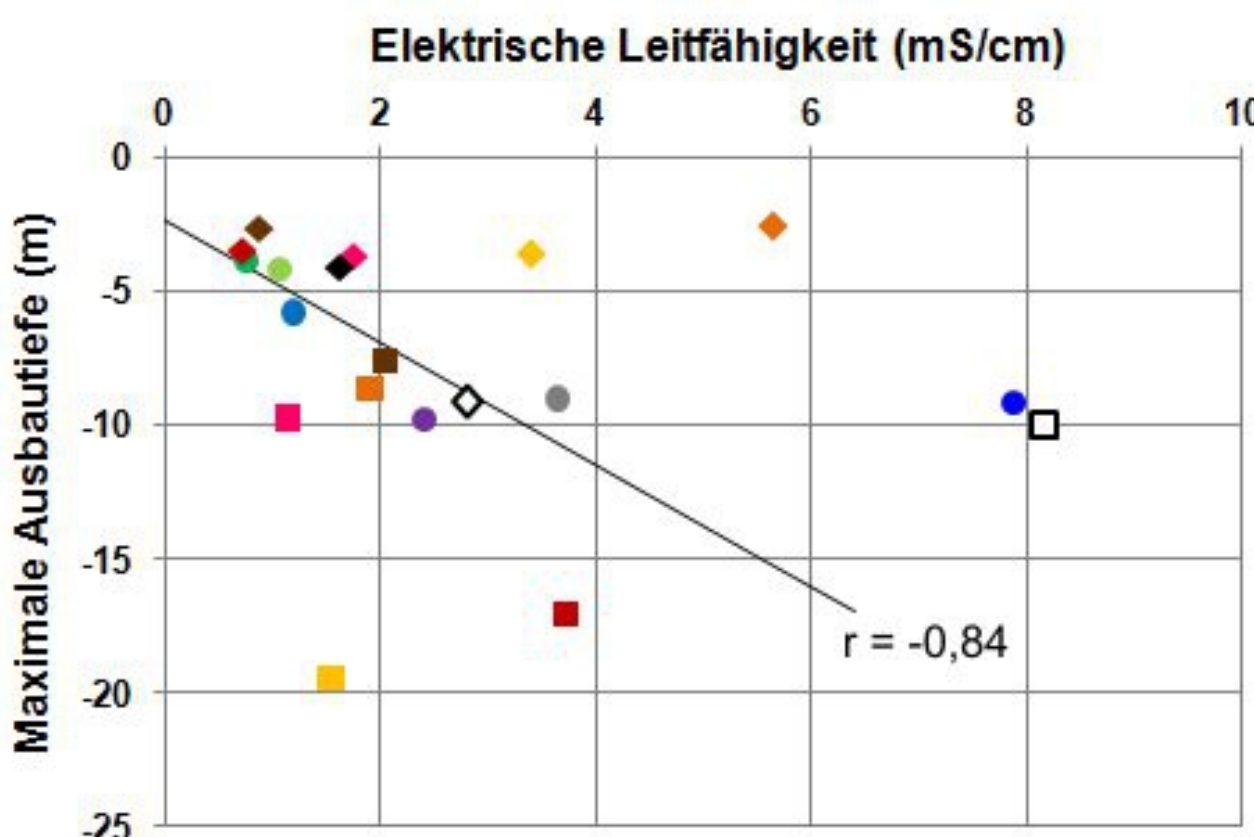


Abb. 7: Elektrische Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Ausbautiefe der Fassungelemente am 02.12.2015; Korrelationsgerade und -Koeffizient ohne Duo-Brunnen 1, Sprudelhof 2, Thermalbad 1 und 7; Legende der Messstellen in Abb. 6.

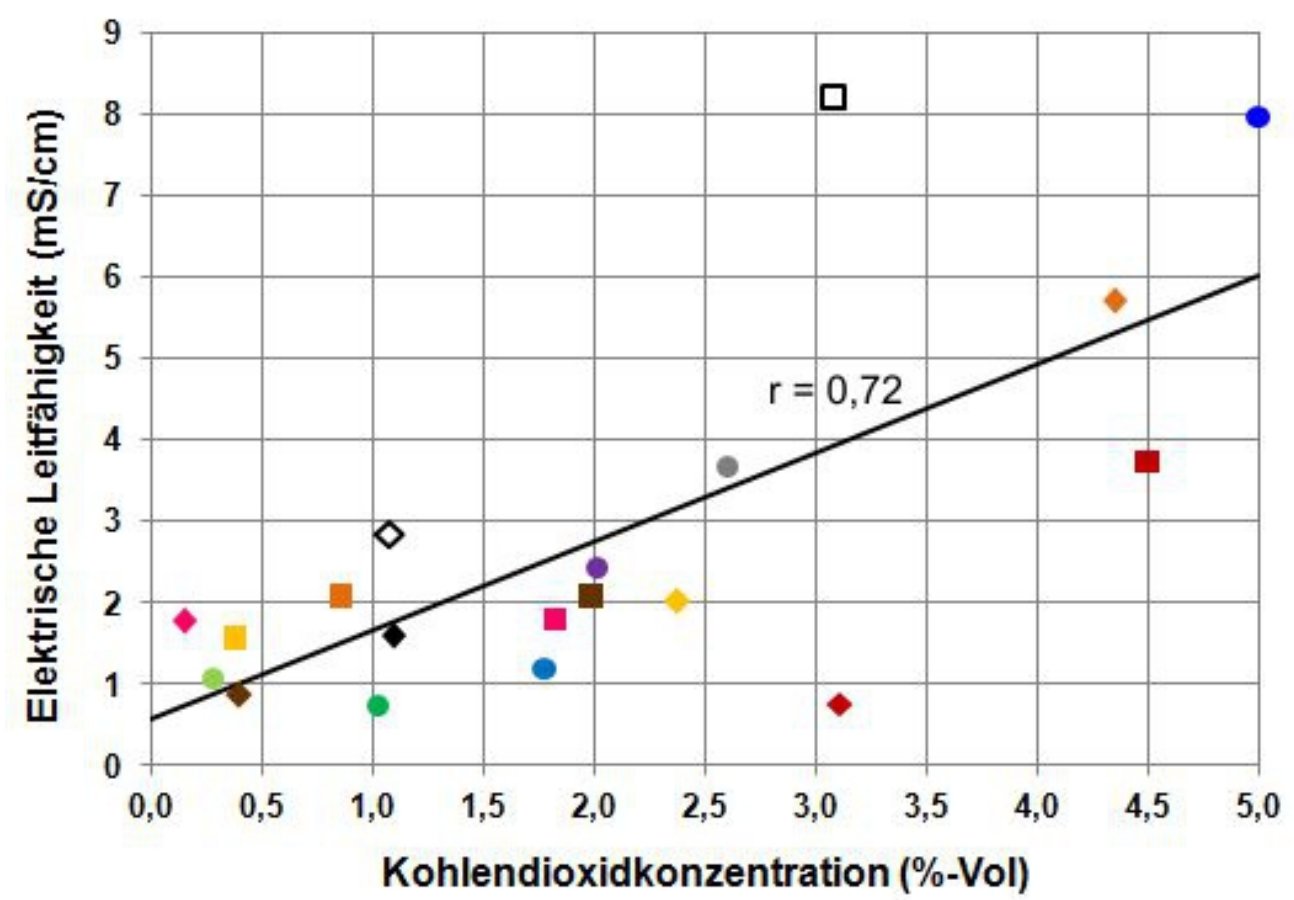


Abb. 8: Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Kohlendioxidkonzentration. Für jede Messstelle sind die Mittelwerte der Stichtagsmessungen 2015 dargestellt. Kohlendioxidkonzentrationen größer als 5%-Vol sind als 5%-Vol in die Berechnung eingegangen. Legende der Messstellen in Abb. 6.

Konzentration (mg/l)	Thermalsole*	Oberflächennahes Grundwasser**	Mischwasser, gemessen***	Mischwasser, berechnet im Verhältnis 1:20	Quotient Mischwasser gemessen/berechnet
Lithium (Li ⁺)	11,3	0,01	0,58	0,55	1,05
Natrium (Na ⁺)	11.331	38,6	555	576	0,96
Ammonium (NH ₄ ⁺)	26,6	1,13	0,96	2,34	0,41
Kalium (K ⁺)	400	5,30	24,2	24,1	1,00
Magnesium (Mg ²⁺)	137	15,6	18,1	21,4	0,84
Calcium (Ca ²⁺)	1.575	49,4	240	122	1,96
Strontium (Sr ²⁺)	42,2	0,21	2,47	2,21	1,12
Fluorid (F ⁻)	7,38	0,24	0,67	0,58	1,15
Chlorid (Cl ⁻)	19.959	74,8	900	1.022	0,88
Bromid (Br ⁻)	14,7	0,06	0,82	0,76	1,08
Nitrat (NO ₃ ⁻)	14,9	3,32	12,2	3,87	3,15
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	48,4	6,57	48,3	8,57	5,63
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	2.268	211	688	309	2,23
Gesamtmineralisation	35.837	407	2.491	2.094	1,19

Tab. 1: Berechnung des Mischungsverhältnisses zwischen Thermalsole und oberflächennahem Grundwasser für die Stichtagsmessung am 29.06.2015. Hauptionen sind fett markiert; Spaltenfarbe wie im Piper-Diagramm (Abb. 6).
*Mittelwert der Konzentrationen in Sprudel VII und XII **Messstelle Großer Teich ***Mittelwert der Konzentrationen am 29.06.2015 in den Messstellen Sprudelkammer Kellertür, Duo-Brunnen 1 und 5, Sprudelhof 2, 5 und 7 sowie Thermalbad 5.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



*Kontakt

Dipl.-Ing. Rafael Schäffer
FG Angewandte Geothermie
Institut für Angewandte Geowissenschaften
Technische Universität Darmstadt
Schnittpahnsstrasse 9
64287 Darmstadt
+49 6151 16 22294
schaeffer@geo.tu-darmstadt.de