AKTION FLUSS
Thüringer Gewässer gemeinsam entwickeln

Freistaat Thüringen

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie

Arbeitspapier

zur Bewertung der Grundwasserkörper in Thüringen

Inhaltsverzeichnis

Bewertung des Grundwassers - Vorgehensweise in Thüringen 3

1. Chemischer Zustand 4

1.1 Einleitung 4

1.2 Voraussetzungen 4

1.3 Schwellenwerte bei anthropogenen Belastungen 7

1.4 Betrachtungen zum Trend 7

2. Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers 8

2.1 Grundwasserabhängige Landökosysteme (LÖS) 9

Abkürzungsverzeichnis

FFH	Flora-Fauna-Habitat
FIS	Fachinformationssystem
GrwV	Grundwasserverordnung
GWK	Grundwasserkörper
GWTR	Grundwasser-Tochterrichtlinie
HÜK	Hydrogeologische Übersichtskarte
LANUV NRW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in Nordrhein Westfalen
LAWA (UA GWTR)	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Unterausschuss Grundwasser-Tochterrichtlinie)
LÖS	Landökosysteme
NO_3	Nitrat
PNEC	Predicted no effect concentration (engl.): vorausgesagte Konzentration eines in der Regel umweltgefährlichen Stoffes, bis zu der sich keine Auswirkungen auf die Umwelt zeigen.
QN	Qualitätsnorm
SIMIK+	Simple Updating and Indicator Kriging based on Additional Information
SW	Schwellenwert
TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
TWSZ	Trinkwasserschutzzone
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet

Bewertung des Grundwassers - Vorgehensweise in Thüringen

Maßgeblich für die Ermittlung und Einstufung des chemischen Grundwasserzustandes sind die §§ 5-7 der Grundwasserverordnung (GrwV) vom 9.11.2014, für den mengenmäßigen Zustand gilt § 4.

In diesem Arbeitspapier wird nur auf die diffusen chemischen und auf die mengenmäßigen Belastungen der Grundwasserkörper eingegangen. Informationen zu den punktuellen chemischen Belastungen finden sich im „Arbeitspapier zur Maßnahmenableitung im Handlungsbereich Altlasten“. Zu den sonstigen anthropogenen chemischen Belastungen können die Informationen dem „Arbeitspapier zur Maßnahmenableitung im Handlungsbereich Bergbau“, welches voraussichtlich Anfang 2015 vorliegen wird, entnommen werden.

1. Chemischer Zustand

1.1 Einleitung

Zur Ermittlung der Ausdehnung belasteter Flächen im Grundwasserkörper wird für Thüringen das Regionalisierungsverfahren SIMIK+ angewendet, sofern die erforderliche Datendichte verfügbar ist (siehe Abschnitt Voraussetzungen).

Das Verfahren SIMIK+ (Simple Updating and Indicator Kriging based on Additional Information)[1] basiert auf einer geostatistischen Interpolationsmethode, die Zusatzinformationen wie z. B. Landnutzung oder hydrogeologische Verhältnisse als Klassifizierung der Grundwasserdaten nutzen kann und damit plausiblere Ergebnisse für die räumliche Verteilung von Messwerten erzielt als herkömmliche Methoden. Zur Regionalisierung der Messwerte wird zunächst ein Variogramm berechnet, bei dem aus den Messwerten - jeweils gruppiert nach Abstands- und Richtungsintervallen - eine halbierte quadratische Differenz ermittelt wird.

1.2 Voraussetzungen

Als Datengrundlage für eine Interpolation mittels SIMIK+ werden folgende Informationen benötigt:

Punktinformationen:

Jeder Grundwasserbeschaffenheitsmessstelle muss neben den Koordinaten und der Information zum Messwert (inkl. Bestimmungsgrenze) der entsprechende Grundwasserleiter sowie die relevante Landnutzung zugewiesen werden. (Hinweis: Die Attribute Landnutzung bzw. Grundwasserleiter können von der tatsächlichen Information am Standort der Messstelle abweichen, wenn erkennbar ist, dass die Grundwasserbeschaffenheit durch eine andere Landnutzungsart bzw. Hydrogeologie im Einzugsgebiet der Messstelle beeinflusst wird.) Zur Ermittlung der Grundwasserbeschaffenheit ist eine Messstellendichte von 10 bis 15 km² pro Messstelle erforderlich. Um diese Messstellen-Dichte zu erreichen, wurden in Thüringen neben dem Landesmessnetz weitere Messstellen (z. B. Rohwasserdaten der Wasserversorger) herangezogen.

Flächeninformationen:

Um die räumliche Variabilität der Messwerte hinsichtlich der Einflussgrößen Grundwasserleitereigenschaft und Landnutzung zu gruppieren, ist die Verbreitung der Hauptgrundwasserleiter sowie der Landnutzung

[1] (Usländer, Th. (2003): Benutzerhandbuch SIMIK+, ArcView-Erweiterung zur flächenhaften Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit, Version 1.0, Fraunhofer IITB, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Universität Stuttgart – Institut für Wasserbau, Karlsruhe 13.02.2003)

als Raster-Datei zu hinterlegen. In Thüringen wurden als flächenhafte Zusatzinformationen die Hydrogeologische Übersichtskarte (HÜK200) und die Landnutzung der Datenbasis Corine Landcover (Stand 2000) verwendet.

Für eine statistisch abgesicherte Berechnung ist die oben genannte Messstellendichte von 10 bis 15 km² je Messstelle unbedingt einzuhalten. Dabei ist eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Messstellen anzustreben. Weiterhin müssen die Messwerte für die Ermittlung der diffusen Belastungen das obere Grundwasserstockwerk repräsentieren. Die Messwerte sollten einen engen Zeitraum umfassen (nach den Erfahrungen in Thüringen max. Mittelwerte aus vier Jahren), damit die zeitliche Varianz der Grundwasserbeschaffenheit während eines Rechenlaufs ausgeschlossen wird.

SIMIK+ führt eine Analyse der Messwerte auf Ausreißer durch. Dabei ist zu beachten, dass Ausreißer nicht zwangsläufig als Messfehler anzusehen sind, sondern auch lokale Spitzenwerte anzeigen können. Sollten diese Werte für eine flächenhafte Betrachtung von Bedeutung sein, dürfen sie nicht aus dem Datenkollektiv gestrichen werden.

Aus den Forderungen der GrwV zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit ergibt sich nach § 9 mit Verweis auf Anlage 4, dass die Auswahl der Überwachungsstellen so zu erfolgen hat, dass eine kohärente und umfassende Übersicht über den chemischen Zustand des Grundwassers gegeben wird und repräsentative Überwachungsdaten geliefert werden. Dazu wurden bei der Einrichtung des WRRL - Messnetzes 212 Beschaffenheitsmessstellen (Stand 2014) als Überblicksmessstellen ausgewählt. Diese Messstellen sind hinsichtlich der Landnutzung und der hydrogeologischen Situation für den gesamten Grundwasserkörper als repräsentativ anzusehen. Außerdem spiegeln sie die Ergebnisse der flächenhaften Berechnung nach dem SIMIK+ - Verfahren wider. Dieser Berechnung lag neben den Daten des Messnetzes ein Datenbestand von weiteren ca. 1.300 Messstellen (Rohwasserdaten der Wasserversorger) zugrunde, die nicht insgesamt als WRRL-Messstellen gemeldet werden. In den Belastungsgebieten wurden weitere Messstellen als operative Messstellen ausgewählt. Grundlage der Bewertung der Überschreitung der QN bzw. SW ist der jeweils aktuellste verfügbare Jahresmittelwert. Dieser wird mit Hilfe von Werten aus Vorjahren plausibilisiert.

Bewertungsalgorithmus:

1. Erfassung aller geeigneten Messstellen
2. Überführung der Stammdaten und Messwerte in das FIS-Gewässer
3. Die Messwerte werden aus dem FIS-Gewässer direkt über eine Schnittstelle in das für SIMIK+ erforderliche Format exportiert und mit Hilfe der ArcView-Erweiterung SIMIK+ regionalisiert.
4. Berechnung erfolgt jeweils für gesamt Thüringen (GWK lassen sich dann auch einzeln betrachten)
5. Für die Zustandsbewertung 2012 sind Mittelwerte des Betrachtungszeitraumes zwischen 2006 und 2012 herangezogen worden. Diese wurden mit dem jeweils jüngsten Wert (2012) plausibilisiert.

Ergebnis der Modellierung:

1. Karte mit berechneten Belastungsschwerpunkten für alle GWK
2. Betrachtung einzelner Zeitscheiben möglich (Minimum Jahresscheiben)

Problem bei der Bewertung:

1. Bewertungsergebnis hängt entscheidend von der zur Verfügung stehenden Datengrundlage ab
2. Varianz der Belastungsschwerpunkte bei engen Zeitscheiben wahrscheinlich/möglich
3. flächenscharfe Ausweisung von Pfaden und insbesondere von Quellen ist nur eingeschränkt möglich
4. Grundwasserdynamik wird erst im Nachgang betrachtet

Die Ergebnisse der Regionalisierung mit dem Programm SIMIK+ sollen im Weiteren den Entscheidungsprozess des Bearbeiters (Expertenwissen) unterstützen.

Es sind hier 4 Kategorien (Flächenanteil je GWK) für die Bewertung zu unterscheiden:

- ***Kategorie 1***: 0 – 75 % QN ⇒ **guter Zustand**
- ***Kategorie 2***: 75 – 100 % QN +Trend nicht steigend ⇒ **guter Zustand**
- ***Kategorie 3***: 75 – 100 % QN +Trend steigend ⇒ **schlechter Zustand**
- ***Kategorie 4***: › QN ⇒ **schlechter Zustand**

Die Methodik der Bewertung der relevanten diffusen Belastung ist im folgenden Schema dargestellt:

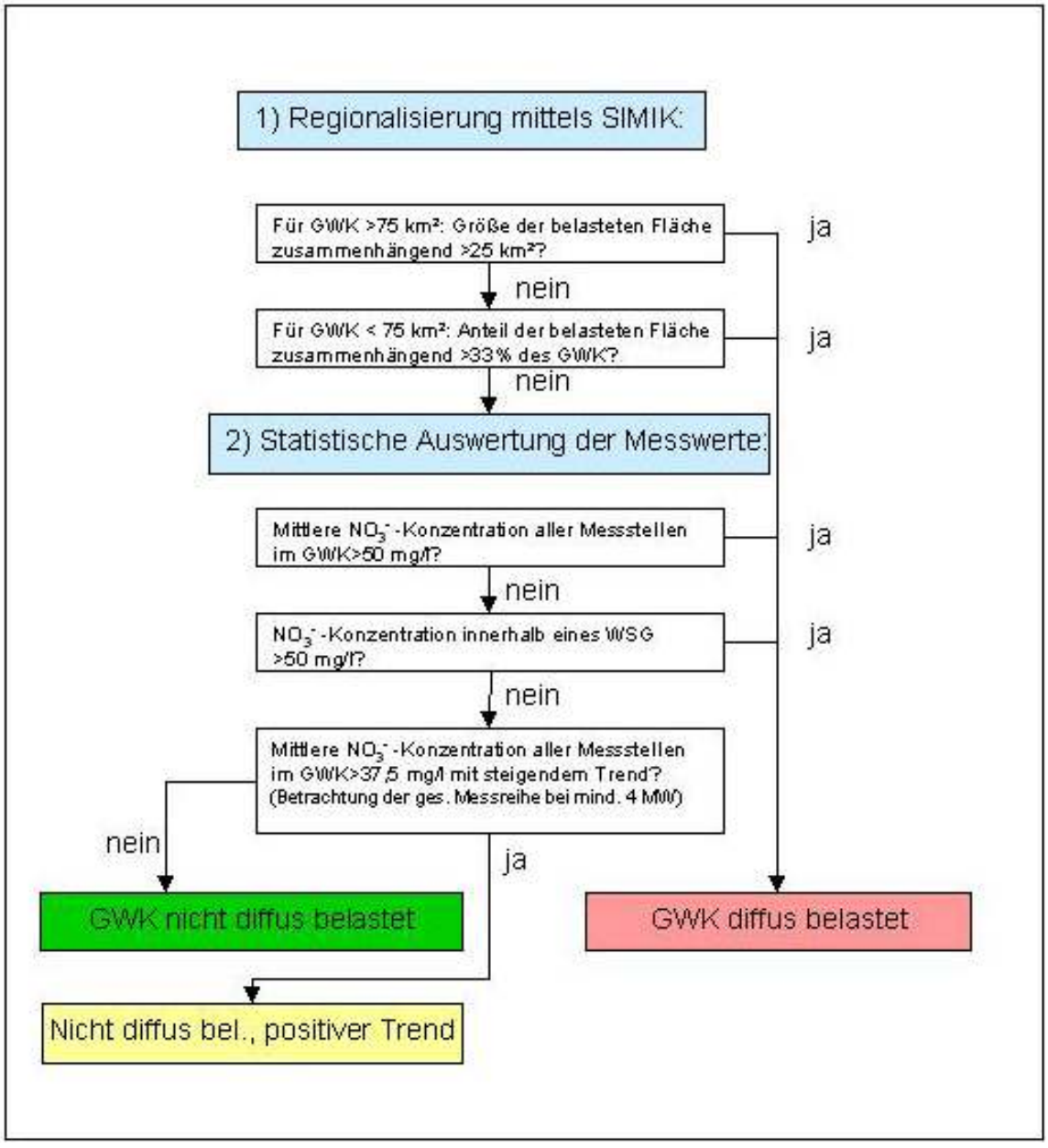

Abbildung 1: Methodik der Bewertung der diffusen Belastung

1.3 Schwellenwerte bei anthropogenen Belastungen

Die GrwV legt in Anlage 2 verbindliche Schwellenwerte als Qualitätsnormen fest:

Tabelle 1: Schwellenwerte nach GrwV

Substanzname	Schwellenwert	Ableitungskriterium
Nitrat (NO_3^-)	50 mg/l	Grundwasserqualitätsnorm gemäß Richtlinie 2006/118/EG
Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Stoffwechsel-, Abbau- und Reaktionsprodukte	jeweils 0,1 µg/l insgesamt 0,5 µg/l	Grundwasserqualitätsnorm gemäß Richtlinie 2006/118/EG
Arsen (As)	10 µg/l	Trinkwasser – Grenzwert für chemische Parameter
Cadmium (Cd)	0,5 µg/l	Ökotoxikologisch abgeleitet: PNEC + Hintergrundwert
Blei (Pb)	10 µg/l	Trinkwasser – Grenzwert für chemische Parameter
Quecksilber (Hg)	0,2 µg/l	Ökotoxikologisch abgeleitet: Zielvorgabe für Oberflächengewässer + Hintergrundwert
Ammonium (NH_4^+)	0,5 mg/l	Trinkwasser – Grenzwert für Indikatorparameter
Chlorid (Cl^-)	250 mg/l	Trinkwasser – Grenzwert für Indikatorparameter
Sulfat (SO_4^{2-})	240 mg/l	Trinkwasser – Grenzwert für Indikatorparameter
Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	10 µg/l	Trinkwasser – Grenzwert für chemische Parameter

1.4 Betrachtungen zum Trend

Zusätzlich zur Bewertung des chemischen Zustandes des Grundwassers schreibt die GrwV die Betrachtung von Trends vor (§§ 10-12). Die Trendbetrachtung soll mit statistischen Verfahren nach Anlage 6 der GrwV durchgeführt werden.

Weiterhin soll die vom Unterausschuss der LAWA (UA GWTR) erarbeitete „Bundesweit einheitliche Methode zur Ermittlung signifikanter und anhaltend steigender Schadstofftrends nach Artikel 5 und Anhang IV GWTR“ (Teil 3) in Thüringen angewendet werden. Eine entsprechende Software zur Ausreißer- und Trendanalyse wurde der TLUG vom LANUV NRW im Januar 2008 zur Verfügung gestellt.

Zur Trendermittlung hinsichtlich der diffusen Belastung wird an den 210 Messstellen des Grundnetzes Beschaffenheit in Thüringen der Mann-Kendall-Test angewandt. Voraussetzung ist eine mindestens 5-jährige Messreihe.

Für eine sichere statistische Trendbetrachtung sollten nur repräsentative Messstellen mit ausreichend langen Zeitreihen genutzt werden. Die Trendbewertung sollte mindestens einmal pro Jahr, beginnend spätestens ab 2007 durchgeführt werden. Daher ergab sich für den ersten Bewirtschaftungsplan (2009) die Notwendigkeit Daten von bereits bestehenden Messstellen für die Trendermittlung zu nutzen. Weil nicht überall und für alle Parameter verwertbare Altdaten vorlagen, konnte im ersten Bewirtschaftungsplan nicht für jeden Wasserkörper eine gesicherte Trendaussage getroffen werden. Auch für den zweiten Bewirtschaftungsplan liegen noch nicht für alle GWK ausreichend lange Messreihen vor, da erst seit dem Jahr 2014 ein flächendeckendes, alle GWK einschließendes Messnetz existiert. Um den Einfluss jahreszeitlicher Schwankungen ausschließen zu können, sollte an einer Messstelle immer der annähernd gleiche Messzeitpunkt eingehalten werden. Es ist eine hinreichende Zuverlässigkeit der Daten sicherzustellen. Darüber hinaus ist zu gewährleisten, dass die zeitabhängigen physikalischen und chemischen Eigenschaften des GWK einschließlich der Grundwasserdynamik und der Neubildungsrate entsprechend berücksichtigt werden. Die Ergebnisse der Trendbetrachtung an einer einzelnen Messstelle fließen in die Bewertung des Zustandes des Grundwasser und ggf. die Maßnahmenauswahl für den betreffenden GWK nach dem eingangs formulierten Verfahren ein.

Insbesondere bei Belastungen aus diffusen Quellen bietet es sich an, Trends auch aus Veränderungen der räumlichen Verteilung bzw. des Flächenverhältnisses in einem GWK abzuleiten. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass in den verschiedenen Zeitebenen jeweils dieselben Messstellen betrachtet werden, also eine konstante Messstellenauswahl getroffen werden kann.

2. Mengenmäßiger Zustand

Der mengenmäßige Zustand des Grundwassers soll auch zukünftig, wie bereits bei der Bestandsaufnahme, primär auf Grund von Bilanzbetrachtungen eingeschätzt werden. Damit wird dem vergleichsweise hohen Grad der hydrogeologischen Detailerkundung sowie den teilweise komplizierten hydrogeologischen Verhältnissen entsprechend Rechnung getragen. Um die Anforderungen der WRRL zu erfüllen und den Berichtspflichten genügen zu können, ist darüber hinaus für die Überwachung des mengenmäßigen Zustandes der Grundwasserkörper ein repräsentatives Mengenmessnetz eingerichtet worden. Die selektierten Messstellen sollen die Ergebnisse der Bilanzbetrachtung widerspiegeln. In der Regel wurden dafür 2-3 Grundwassermessstellen/Quellen pro GWK ausgewählt. Für die Auswahl und Bewertung der Messstellen wird auf das Heft Nr. 58 der Schriftenreihe der TLUG "Messstellen im Strömungsfeld/Abflussverhältnisse und Trend" verwiesen.

Bei der Überwachung des mengenmäßigen Zustands wird ermittelt, ob in einem GWK der Grundwasserstand sinkt bzw. die Quellschüttungsmenge zurückgeht, die als bedeutend ermittelten grundwasserabhängigen Landökosysteme signifikant geschädigt werden oder Salzintrusionen eine zu hohe Grundwasserentnahme anzeigen. Maßgeblicher Parameter für die Beurteilung des Zustandes ist der Grundwasserstand.

Bei der Auswahl repräsentativer Grundwassermessstellen/Quellen sollten ausreichend lange Zeitreihen (mind. 15 Jahre) vorhanden sein. Die Zeitreihen der gemessenen Grundwasserstände (oder Quellschüttungsmengen) wurden auf nachhaltige Trends untersucht. Werden bei Messstellen anthropogen bedingte und anhaltend fallende Grundwasserstände außerhalb der natürlichen Schwankungsbreite und Jahresgänge festgestellt, ist für die Beurteilung einer möglichen mengenmäßigen Belastung eine Bilanzbetrachtung durchzuführen. Zu beachten ist jedoch, dass auch dann, wenn der gute Zustand vorliegt, ggf. Maßnahmen zu dessen Erhaltung notwendig sein können. Dies trifft in der Regel dann zu, wenn bei Bilanzbetrachtung nur der genehmigten Entnahmen eine Zielverfehlung möglich ist.

2.1 Grundwasserabhängige Landökosysteme (LÖS)

Im Ergebnis der Bestandsaufnahme wurden in Thüringen 119 grundwasserabhängige Oberflächengewässer und Landökosysteme identifiziert, die sich über insgesamt 54 Grundwasserkörper verteilen. Über die Bestandsaufnahme wurde eine Abschätzung der Gefährdung dieser Ökosysteme durchgeführt. Für die Abschätzung der Gefährdung der Ökosysteme wurden folgende Punkte abgearbeitet:

1. Aktuelle Erhebung der Entnahmen ›100 m³/d (Differenzierung zwischen tatsächlichen und genehmigten Entnahmen).
2. Soweit vorhanden - Verschneidung der TWSZ III mit den Entnahmen. Überschlägige Ermittlung der Einzugsgebiete bei Entnahmen ohne ausgewiesene Schutzgebiete.
3. Ökosysteme, die sich nicht (auch nur teilweise) innerhalb einer TWSZ III bzw. im Einzugsgebiet einer Grundwassergewinnungsanlage befinden.
4. Prüfung ob die Absenktrichter bei maximal möglicher Entnahme bis an die Ökosysteme heranreichen.
5. Für die verbleibenden Entnahmen ist einzuschätzen, ob der Absenktrichter als langfristig stationär zu bewerten ist (Trendeinschätzung - Grundwasserentnahme seit Jahren konstant oder abnehmend).

Im Ergebnis dieser Untersuchungen wurde lediglich ein grundwasserabhängiges LÖS identifiziert, bei dem eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann. Derzeit wird dieses LÖS einer dezidierten Überprüfung durch die Naturschutzbehörden unterzogen. Sollte sich die Einschätzung einer möglichen Beeinträchtigung bestätigen, wird ein Monitoring für das/die betreffenden LÖS notwendig. Es ist davon auszugehen, dass ein solches Monitoring mit den vorliegenden Daten der entsprechenden Wasserfassungen, Vorfeldmessstellen und Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen des Landesmessnetzes sowie des FFH-Monitorings abgedeckt werden kann. Sollte eine Beeinträchtigung des LÖS durch die lokale mengenmäßige Belastung eines GWK nachgewiesen werden, wäre in diesem Fall eine eingehende Betrachtung der Wasserbilanz und daraus resultierend ein Bescheidanpassung für die betreffende Fassung zu erwägen.

Neben den Beeinträchtigungen durch mengenmäßige Belastungen kann auch die Grundwassergüte einen negativen Einfluss auf grundwasserabhängige LÖS haben. Bei Anzeichen einer signifikanten Schädigung der Biozönose wäre dann ein operatives Monitoring für den betreffenden GWK zu installieren. Hinweise für eine solche Beeinflussung liegen nicht vor.

www.thueringen.de

Herausgeber:
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Abteilung Wasserwirtschaft
Göschwitzer Straße 41
07745 Jena
Telefon: (03641) 684-0
Telefax: (03641) 684-222
E-Mail: poststelle@tlug.thueringen.de
Internet: www.tlug-jena.de

Titelbild: Grundwassermessstelle Tunzenhausen (Quelle: TLUG)

Stand: Dezember 2015