

DEZERNAT LUFTREINHALTUNG: IMMISSIONEN Luftschadstoffe – Von der Messung bis zum veröffentlichten Wert

Maximilian Steinbach, Stefan Weber, Daniel Schwarzloh, Diana Rose



Das HLNUG hat die gesetzliche Aufgabe, die Luftqualität in Hessen zu überwachen. Dafür messen wir die Belastung der Außenluft mit Schadgasen und Partikeln. Einen Teil unseres Luftmessnetzes bilden die mehr als 35 Luftmessstationen, mit denen wir die Konzentration der Luftschadstoffe Tag und Nacht im Blick behalten. Die Messwerte werden kontinuierlich veröffentlicht, unter anderem im Internet. Doch vom gemessenen bis zum veröffentlichten Wert ist es ein weiter Weg. Was wir alles unternehmen, damit wir verlässliche Daten präsentieren können, beleuchten wir in diesem Beitrag.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt aktuell mehr als 35 automatisierte Luftmessstationen, an denen kontinuierlich die Konzentrationen verschiedener Luftschadstoffe gemessen werden. Hinzu kommen zahlreiche weitere Messstellen, an denen mit verschiedenen Verfahren Proben von gas- oder partikelförmigen Luftschadstoffen gesammelt und später im Labor analysiert werden. Außerdem werden zusätzlich temporäre, projektbezogene Messungen durchgeführt.

Luftmessstationen verteilt über ganz Hessen

Gemessen werden die Luftschadstoffe zum einen im sogenannten *ländlichen Hintergrund*. In diesen Gebieten ist die Luftqualität weitgehend unbeeinflusst von lokalen Emissionen. Diese Standorte repräsentieren das großräumige Belastungsniveau, also eine Art Hintergrundbelastung. Des Weiteren gibt es zahlreiche Messstellen an Standorten, an denen die Messwerte die Schadstoffbelastung eines Großteils der städtischen Bevölkerung widerspiegeln. Dies wird als *städtischer Hintergrund* bezeichnet. Die Belastung ergibt sich hier aus den Emissionen verschiedener Quellen der Stadt selbst (z. B. Straßenverkehr, Heizungen, Gewerbe, Industrie) sowie denen des ländlichen Hintergrunds. Um auch die Luftqualität an den Orten der höchsten Belastung zu dokumentieren, gibt es weitere Messstellen an *Verkehrsschwerpunkten*.

Die Dichte an Messstellen in einem Gebiet ist umso höher, je mehr Menschen dort leben und je höher das Belastungsniveau der verschiedenen Luftschadstoffe in diesem Gebiet liegt. Somit müssen nicht an allen Messstellen alle Schadstoffe gemessen werden, da beispielsweise größtenteils vom Straßenverkehr emittiertes Kohlenmonoxid oder Stickoxide im städtischen und ländlichen Hintergrund nur eine untergeordnete Rolle spielen.

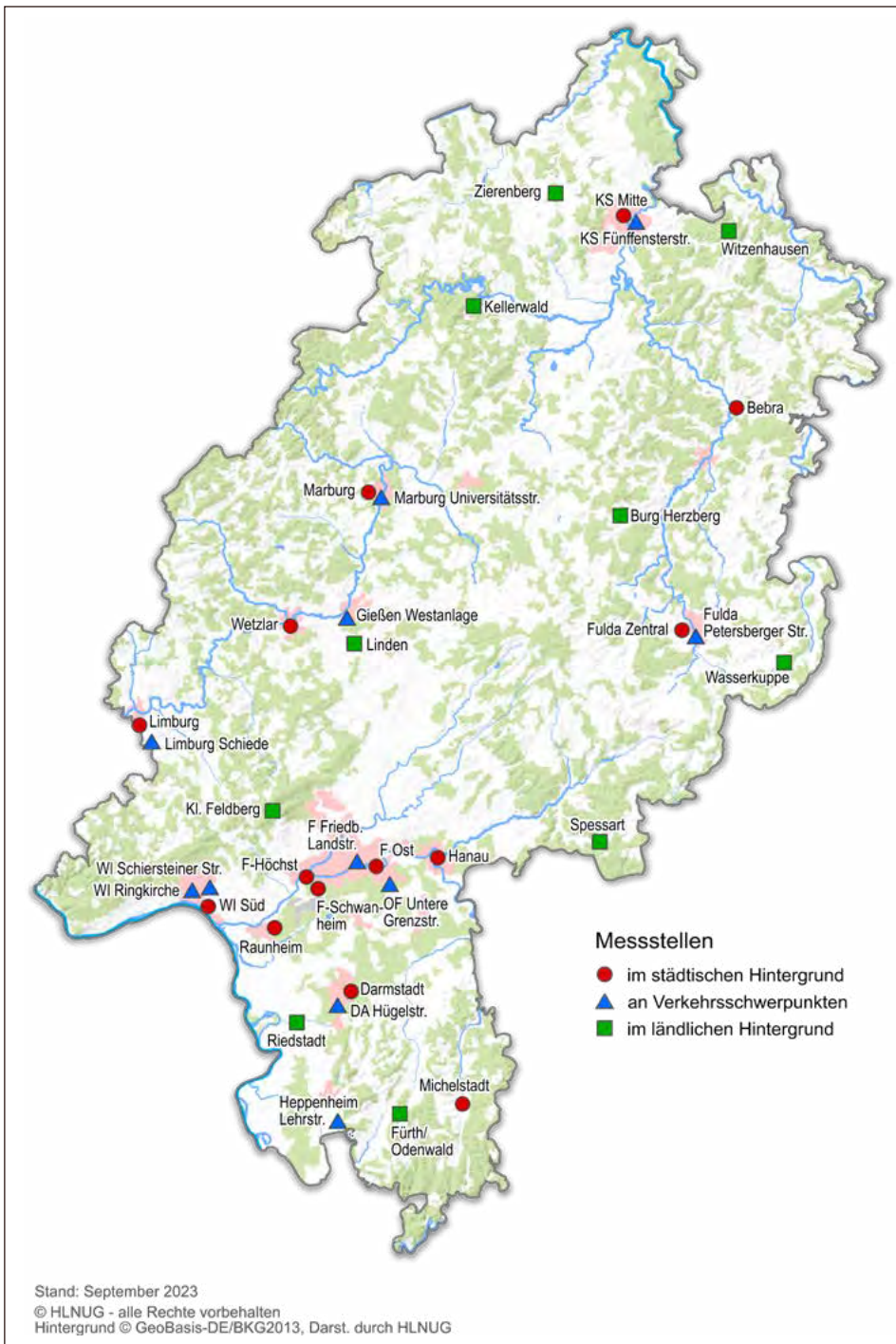


Abb. 1: Standorte der kontinuierlichen Messstationen zur Überwachung und Beurteilung der Luftqualität in Hessen

Für die gängigsten Luftschadstoffe, wie z. B. Stickstoffdioxid (NO_2), Ozon oder Feinstaub der Fraktionen PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$, existieren kontinuierliche Messverfahren. Die Messgeräte werden in einem klimatisierten Container verbaut und können somit vollautomatisch Tag und Nacht betrieben werden. In solch einem Messcontainer wird die Außenluft über ein Probenahmerohr nach innen geführt und auf die verschiedenen



Abb. 2: Luftmessstationen im ländlichen und städtischen Hintergrund sowie an Verkehrsschwerpunkten © HLNUG

Luftschadstoffmessgeräte aufgegeben. Zusätzlich werden an den meisten Stationen meteorologische Parameter wie Wind, Temperatur und Feuchte gemessen, welche später auch bei der Plausibilisierung und Beurteilung der Luftschadstoffdaten berücksichtigt werden. Die Messsignale aller Geräte im Container werden zur Verarbeitung an den Messstationsrechner übertragen.

Abb. 3: Messtechnik in einer unserer Luftmessstationen © HLNUG



Doch wie entstehen nun aus den Messungen der Luftschadstoffe an den jeweiligen Stationen die Messwerte, die beispielsweise über das Messdatenportal des HLNUG abgerufen werden können?

Automatisierte Übertragung der Messwerte in die Messnetzzentrale

Vom Messstationsrechner werden mindestens alle fünf Sekunden die Messwerte abgefragt und zu Halbstundenmittelwerten aggregiert. Die Halbstundenmittelwerte sowie die originalen Messwerte werden jede halbe Stunde über eine mobile Datenverbindung an die Messnetzzentrale im HLNUG übertragen.

Neben den Messwerten der Luftschadstoffe und meteorologischen Parameter werden außerdem gerätespezifische Status- und Fehlermeldungen, Daten der automatisch erfolgten Funktionskontrollen der Geräte sowie die aktuellen Messbedingungen, wie z. B. die Innenraumtemperatur der Messcontainer, die Volumenströme an den Probenahmerohren usw., übermittelt. All diese Daten werden in einer dafür entwickelten Software auf den Servern der Messnetzzentrale gespeichert.



Das Dezernat „I2 – Luftreinhaltung: Immissionen“ hat ein effektives Qualitätsmanagementsystem gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 eingeführt und ist seit 11.02.2008 akkreditiert.



Abb. 4: Luftschadstoffe – von der Messung bis zum veröffentlichten Wert
© HLNUG

Überprüfung der Messwerte auf Plausibilität – automatisiert und manuell

In der Messnetzzentrale findet die Plausibilitätsprüfung der Messwerte statt. Dabei werden alle Messwerte dahingehend überprüft, ob sie plausibel, also korrekt und nachvollziehbar sind oder nicht. Messwerte können etwa durch Gerätefehler oder Fehler bei der Probenahme verfälscht werden. Diese Fehler gilt es so schnell wie möglich zu entdecken und zu beheben. Doch nicht immer machen sich diese Fehler eindeutig und kurzfristig in den Messwerten bemerkbar. Deshalb ist die Plausibilitätsprüfung in mehrere Stufen unterteilt.



Im Messdatenportal des HLNUG werden alle Daten zu Luftschadstoffen, Gewässergüte, Grundwasserständen und weiteren Themen zusammengetragen und stehen dort zum Download bereit: hlnug.de/messwerte/datenportal

Zunächst erfolgt eine automatische statistische Vorprüfung der Messwerte durch die Messnetzzentralen-Software. Messdaten, die plötzliche unplausible Sprünge enthalten oder definierte Grenzen über- oder unterschreiten, werden mit einer Kennung für die weitere Plausibilisierung markiert und zunächst für die Veröffentlichung gesperrt. Alle übrigen Messwerte werden wenige Minuten nachdem die Daten vom Messstellenrechner abgerufen wurden, automatisch ins Messdatenportal des HLNUG übertragen und stehen damit allen Interessierten öffentlich zur Verfügung.

Zusätzlich erfolgen detaillierte manuelle Prüfungen durch die Mitarbeitenden der Messnetzzentrale. Hierbei vergleicht man die zeitlichen Verläufe eines Luftschadstoffs an mehreren benachbarten oder ähnlich charakterisierten Standorten. Eine weitere Möglichkeit ist der Vergleich der zeitlichen Verläufe verschiedener Luftschadstoffe an einem Standort. Treten Auffälligkeiten auf, wird das zuständige technische Personal informiert, das dann eine Überprüfung der Messgeräte vor Ort vornehmen kann.

Die manuellen Plausibilitätsprüfungen werden in Bezug auf unterschiedliche Zeithorizonte vorgenommen – mit Blick auf einige Tage, einige Monate und auf ein vollständiges Kalenderjahr. Dieser mehrstufige Prozess ist wichtig, da sich manche Fehler erst im längerfristigen Vergleich identifizieren lassen. Alle Überprüfungen von Messdaten finden grundsätzlich nach dem Mehraugenprinzip statt.

In der täglichen Routine werden die Messdaten aller Luftschadstoffe aller Messstationen in der Zusammenschau über einige Tage rückwirkend betrachtet. Die Zeiträume, die bereits durch die automatisierte Plausibilitätskontrolle als unplausibel identifiziert wurden, sowie Zeiträume nach stattgefundenen Messgerätewartungen oder nach einem Messgerätetausch, werden besonders intensiv analysiert.

Werden Messwerte als fehlerhaft eingestuft, so werden die Daten verworfen. Dies bedeutet nicht, dass die Daten gelöscht werden, sondern dass sie für die Veröffentlichung gesperrt werden und nicht mehr in weitere Datenauswertungen (z. B. das Bilden eines Jahresmittelwerts) einfließen. Sollte sich zu einem späteren Zeitpunkt herausstellen, dass die Messwerte doch plausibel sind, so können die Daten wiederhergestellt werden.

Es gibt verschiedene Gründe, warum Messdaten verworfen werden müssen. Dazu zählen Defekte an den Komponenten der Messgeräte oder der Gerätesoftware, Undichtigkeiten in den Zuleitungen oder Beeinträchtigungen des Luftstroms durch z. B. eingefrorene Messeinlässe im Winter. In seltenen Fällen, vornehmlich im Spätherbst, können die



Messungen auch von Spinnen oder Insekten beeinträchtigt werden, die sich in den Messgeräten oder Zuleitungen ein warmes Winterquartier suchen. Kurzzeitige, lokale Beeinträchtigungen der Luftqualität durch z. B. Baustellen, Straßenreinigung oder Straßenfeste werden hingegen nicht verworfen. Jedoch ist die Unterscheidung zwischen Messgerätefehlern und lokalen Besonderheiten nicht immer einfach. Deshalb sind weitere Kontrollstufen notwendig.

In der monatlichen Plausibilitätskontrolle wird speziell auf Fehler geachtet, die bei der Betrachtung kurzer Zeiträume nicht direkt auffallen. Um diese aufzudecken, wird oft der Einfluss vorherrschender Wetterlagen auf die Schadstoffkonzentrationen und Schadstoffausbreitung, aber auch das mittelfristige Verhalten von Messgeräten, beispielsweise nach einem Messgeräthewechsel, beobachtet. Hierfür werden rückwirkend meistens mehrere Monate betrachtet. Die monatliche Überprüfung stellt außerdem eine zusätzliche Kontrolle für die bei der Tagesplausibilitätskontrolle verworfenen Daten dar. Gegebenenfalls können bereits verworfene Daten unter Zuhilfenahme weiterer Messwerte oder Kalibrierfaktoren noch nachträglich korrigiert werden. Änderungen im Datensatz werden tagesaktuell ins Messdatenportal übernommen. Nach Abschluss der monatlichen Plausibilisierung wird ein lufthygienischer Monatsbericht erstellt. Dieser steht in digitaler Form ca. 4-6 Wochen nach dem jeweiligen Monatsende auf der Internetseite des HLNUG zur Verfügung.

Nach Abschluss eines Kalenderjahres wird eine erneute Überprüfung der Messdaten durchgeführt. Diese umfasst das gesamte zurückliegende Jahr. Dadurch können Effekte in den Messgeräten selber, wie beispielsweise Undichtigkeiten oder Drift, erkannt und gegebenenfalls korrigiert werden. Auch werden besonders hoch oder besonders niedrig belastete Episoden explizit betrachtet und ihre Plausibilität im Zusammenhang mit der Witterung oder im Vergleich zu den Messdaten umliegender Bundesländer untersucht. Diese Art von Vergleich kann

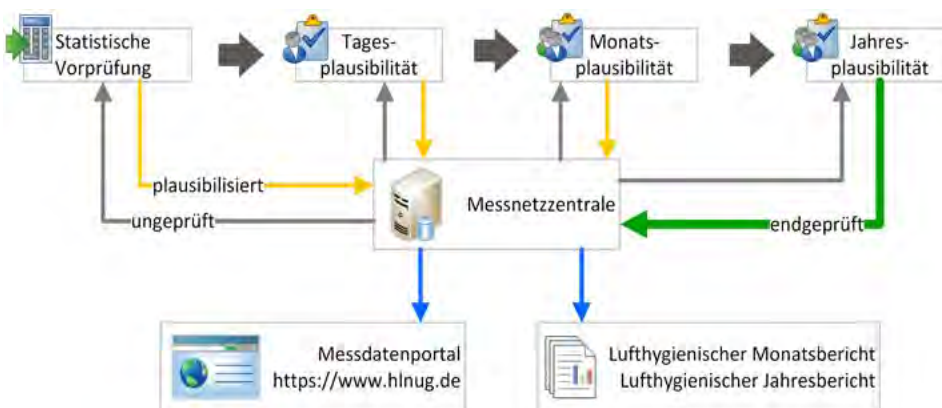


Abb. 5: Ablauf der mehrstufigen Plausibilisierung und Datenveröffentlichung © HLNUG

zum Beispiel Rückschlüsse auf einen überregionalen Schadstoffeintrag geben, der ursächlich für eine besonders hohe Belastung sein kann. Nach Abschluss der Überprüfung wird typischerweise im Februar der Lufthygienische Jahreskurzbericht veröffentlicht. Später wird der ausführlichere Lufthygienische Jahresbericht veröffentlicht, der dann auch eine Einordnung und Interpretation der Messwerte sowie die Ergebnisse der Sondermessprogramme beinhaltet.

Die gesetzlichen Bestimmungen zur Beurteilung der Luftqualität geben vor, dass eine bestimmte Anzahl an Messwerten vorhanden sein muss. Beispielsweise müssen für die Berechnung des Jahresmittelwerts für Stickstoffdioxid mindestens 90 % der Einstundenmittelwerte verfügbar sein. Die geltenden Mindestbelegungen werden jedoch seit mehreren Jahren zuverlässig eingehalten, da durch die gute Datenanbindung und die daraus resultierende schnelle technische Fehlerbehebung kaum noch größere Datenausfälle auftreten.

Außerdem erfordern die gesetzlichen Regelungen eine regelmäßige Berichterstattung der erhobenen Messdaten. Deshalb werden die Luftmessdaten des HLNUG nicht nur im Messdatenportal veröffentlicht, sondern auch an das Umweltbundesamt, die Europäische Umweltagentur oder auch an Medienanstalten wie den Hessischen Rundfunk geliefert. Ebenso werden die Daten auf Anfrage an private sowie gewerbliche Nutzer herausgegeben. Ingenieurbüros nutzen die Messdaten beispielsweise für die Abschätzung der Immissionsvorbelastung in Genehmigungsverfahren.



Fazit

Der Prozess, qualitativ hochwertige Messdaten bereitstellen zu können, ist deutlich aufwendiger als man auf den ersten Blick vielleicht denken würde. Ein engagiertes Team von Mitarbeitenden im HLNUG sorgt dafür, dass alle beschriebenen Schritte von der Messung bis zum veröffentlichten Messwert kompetent und sachgerecht durchgeführt werden. Dadurch können wir der Aufgabe, die Luftqualität in Hessen zum Schutz von Mensch und Umwelt zu überwachen, auch in Zukunft nachkommen.