

UmweltWissen – Strahlung

Radon in Gebäuden



Seit jeher sind wir natürlichen Strahlenquellen ausgesetzt. Neben der kosmischen Höhenstrahlung und der Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe in Böden und Gesteinen nimmt der Mensch auch über die Atmung und Nahrung natürliche radioaktive Stoffe auf. Dabei spielt das Edelgas Radon eine zentrale Rolle. In höheren Konzentrationen in der Atemluft erhöht es das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken.

1 Entstehung und Vorkommen

Radon ist ein natürlich vorkommendes radioaktives Edelgas. Es ist unsichtbar, geruch- und geschmacklos. Es entsteht im Boden durch radioaktiven Zerfall des ebenfalls überall natürlich vorkommenden Urans.

Radon entweicht aus Gesteinen und Böden und breitet sich über die Bodenluft oder gelöst im Wasser aus. Die Höhe der Radonkonzentration in der Bodenluft wird von der geologischen Beschaffenheit und der Durchlässigkeit des Untergrunds bestimmt. Radon kommt vermehrt in Gebieten mit erhöhten Urangehalten vor. Deshalb werden hauptsächlich in den Mittelgebirgen aus Granitgestein erhöhte Radongehalte in der Bodenluft gemessen.

Die Einheit, in der Radioaktivität gemessen wird, ist das Becquerel (1 Bq entspricht einem Zerfall pro Sekunde). Die Aktivitätskonzentration von Radon wird als Becquerel pro Kubikmeter Luft angegeben. Die Aktivitätskonzentration von Radon in der Bodenluft schwankt zwischen wenigen kBq/m^3 bis zu mehreren Tausend kBq/m^3 (1 kBq/m^3 entspricht 1.000 Bq/m^3).

Im Freien ist die Radonkonzentration normalerweise gering. Sie beträgt im Mittel nur etwa 10 Bq/m^3 (= $0,01 \text{ kBq/m}^3$), weil das radioaktive Gas durch die Luftbewegung im Freien sehr schnell verdünnt wird.

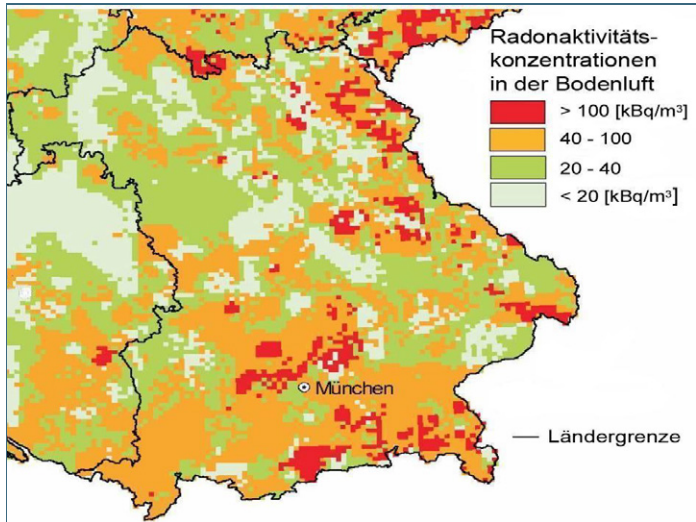


Abb. 1:
Auf der Basis von über 4.000 repräsentativen Messungen in Deutschland wurde eine Karte zur Abschätzung der regionalen Radonkonzentrationen in der Bodenluft erstellt.

Radonkonzentrationen können räumlich bereits auf kurzen Distanzen sehr stark schwanken. Deswegen kann die Radonkarte (dargestellt ist hier der Ausschnitt für Bayern) nur als Planungsgrundlage und Orientierungshilfe verwendet werden. Sie soll der Prognose im regionalen Maßstab dienen. Eine exakte Ableitung des Radonpotenzials in einer Gemeinde sowie eine Entscheidung zu konkreten Baugebieten oder gar eines einzelnen Hauses sind mit Hilfe dieser Karte nicht möglich.
(Quelle: Kemski & Partner, 2007)

Problematisch ist es, wenn vermehrt Radon aus der Bodenluft durch Fugen oder Risse in Keller- oder Erdgeschoßräume eines Gebäudes eindringt. Auf Grundlage der Radonkarte Deutschland bietet ► [Radon-Info](#) eine landkreisbezogene Prognose der Radonbelastung in Erdgeschoßräumen an. Die Prognosen beruhen auf einer Bewertung der Wahrscheinlichkeit, mit der eine Radonkonzentration über 100 Bq/m^3 in der Raumluft auftritt

2 Radon in Innenräumen

In geschlossenen Räumen werden im Allgemeinen höhere Radonkonzentrationen gemessen als in der Außenluft. In Wohnräumen in Deutschland beträgt die durchschnittliche Aktivitätskonzentration von Radon etwa 50 Bq/m^3 . Insgesamt schwanken die Werte, die in Deutschland gemessen wurden, zwischen wenigen Becquerel und einigen Tausend Becquerel pro Kubikmeter Luft.

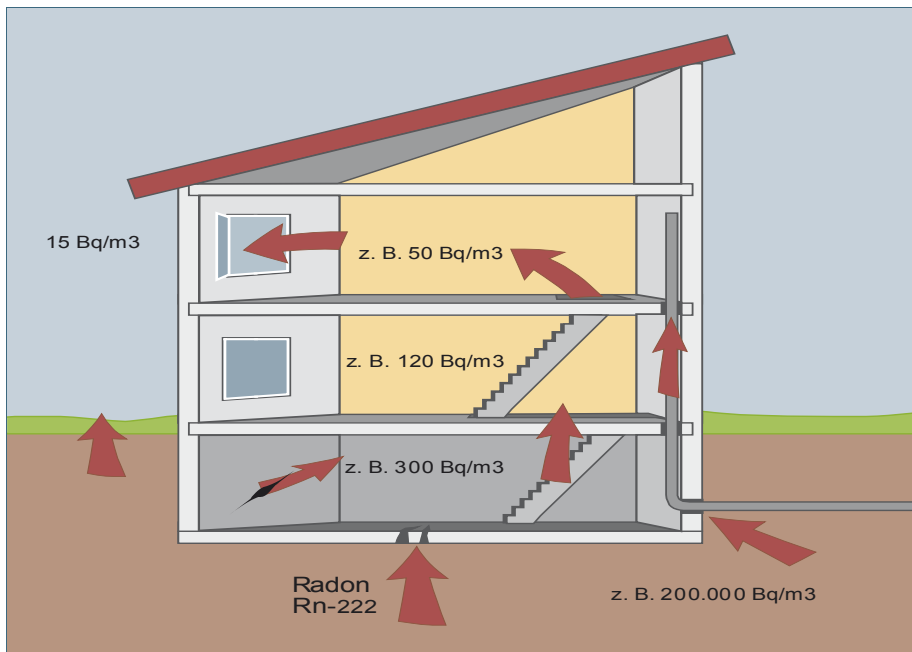


Abb. 2:
In der Bodenluft ist die Radonkonzentration am höchsten. In diesem Beispiel dringt Radon durch Risse und Fugen in Kellerräume ein und vermischt sich dort mit der Raumluft. In den oberen Etagen wird das Radon immer mehr in der Raumluft verdünnt, so dass die Radonkonzentrationen dort geringer sind.
Die geringsten Radonkonzentrationen werden im Freien gemessen.

Die Höhe der Radonkonzentration im Gebäude hängt von mehreren Faktoren ab. Die **Beschaffenheit des Untergrunds** spielt dabei eine wichtige Rolle. Der natürliche Urangehalt von Boden und Gestein bestimmt, wie viel Radon im Untergrund gebildet wird. Das Radon kann sich leicht in durchlässigem beziehungsweise klüftigem Material ausbreiten und ins Gebäude eindringen

Ganz entscheidend ist der **Gebäudezustand**, vor allem die Durchlässigkeit des Fundaments gegenüber Radon. Radon dringt beispielsweise über Spalten und Risse in Fundament oder Kellerwänden sowie entlang von Kabel- und Rohrdurchführungen ein. Aufgrund der Temperaturunterschiede im Haus (Kamineffekt) oder durch Winddruck kann im Keller ein Unterdruck entstehen. Dadurch wird radonhaltige Bodenluft aus dem Untergrund in den Keller gesaugt. Ist der Kellerbereich gegenüber den anderen Stockwerken offen, breitet sich Radon besonders leicht nach oben aus.

Durch regelmäßiges **Lüften** kann die Radonkonzentration merklich gesenkt werden. **Baustoffe** tragen in der Regel nur in sehr geringem Umfang zur Radonkonzentration in Innenräumen bei. **Trinkwasser** enthält je nach geologischer Region unterschiedlich hohe Radonkonzentrationen. Der Beitrag zur Radonkonzentration in der Raumluft durch die Nutzung des Wassers ist in den meisten Fällen jedoch gering.

Aufgrund der Vielzahl der Einflussmöglichkeiten kann die Radonkonzentration in Innenräumen nur durch eine Messung zuverlässig bestimmt werden (► [Radon in Gebäuden - Messungen](#)).

3 Messungen in Innenräumen

Es gibt verschiedene Methoden, Radon in Innenräumen zu messen. Für den Normalfall haben sich einfach zu handhabende, passive Messgeräte, sogenannte Radon-Exposimeter, bewährt. Die Exposimeter, manchmal auch als Dosimeter bezeichnet, sind sehr klein und die Durchführung der Messung ausgesprochen einfach.



Abb. 3: Radon-Exposimeter: Ein Exposimeter mit einer genauen Gebrauchsanweisung erhalten Sie von den jeweiligen Laboren und Messstellen.

Für die Messung in einem Einfamilienhaus werden mindestens zwei Exposimeter empfohlen. Sie werden im untersten Wohngeschoss in den Räumen aufgestellt, die am häufigsten genutzt werden, zum Beispiel im Wohn- und Schlafzimmer. Wenn auch im Kellergeschoss Räume liegen, in denen man sich oft aufhält, sollte dort ebenfalls gemessen werden. Optimal ist eine Messdauer von einem Jahr, um die jahreszeitlichen Schwankungen zu berücksichtigen. Steht diese Zeit nicht zur Verfügung, sollte die Messdauer wenigstens zwei bis drei Monate betragen und vorzugsweise in der Heizperiode liegen. Die Kosten für ein Exposimeter inklusive Auswertung betragen je nach Labor etwa 20 bis 40 €.

4 Auswirkungen auf die Gesundheit

Über die Luft eingeatmetes Radongas wird zum überwiegenden Teil gleich wieder ausgeatmet. Das größte gesundheitliche Risiko geht nicht vom radioaktiven Radon selbst aus, sondern von seinen Zerfallsprodukten. Diese Zerfallsprodukte sind kurzlebige, ebenfalls radioaktive Nuklide der Schwermetalle Blei, Wismut und Polonium. Sie lagern sich leicht an Oberflächen oder an Staubteilchen in der Luft ab.

Durch die Atmung gelangen Staubteilchen mit anhaftenden Zerfallsprodukten des Radons in die Lunge und setzen sich dort ab. Ihre radioaktive Strahlung (Alpha-Strahlung) kann das unmittelbar umgebende Lungengewebe schädigen. Nach neuesten Abschätzungen werden dadurch etwa 5 % der Sterbefälle durch Lungenkrebs verursacht. Aus epidemiologischen Studien wird abgeleitet, dass sich das Lungenkrebsrisiko um 10 % erhöht, wenn die Radonkonzentration der Raumluft um 100 Bq/m^3 zunimmt.

Bei Betrachtung des Risikos an Lungenkrebs zu erkranken, darf das Rauchen nicht außer Acht gelassen werden. Rauchen ist für bis zu 90 % der Sterbefälle durch Lungenkrebs verantwortlich. Aus den epidemiologischen Studien geht hervor, dass das Lungenkrebsrisiko durch Radon bei gleichzeitigem Rauchen erhöht wird. In absoluten Zahlen betrachtet, treten die meisten radonbedingten Lungenkrebsfälle bei Rauchern auf.

Tab. 1: Wahrscheinlichkeit bis zum 75. Lebensjahr an Lungenkrebs zu sterben in Abhängigkeit von der Radonkonzentration und Rauchverhalten (Quelle: Darby et al., 2005).

Radonkonzentration in Bq/m^3	Todesfälle je 1000 Nichtraucher	Todesfälle je 1000 Raucher
0	4,1	101
100	4,7	116
200	5,4	130
400	6,7	160
800	9,3	216

5 Richtwerte und Empfehlungen

Nationale und internationale Strahlenschutzbehörden beschäftigen sich seit vielen Jahren mit der Bewertung der Radonkonzentrationen in Gebäuden und haben entsprechende Empfehlungen bzw. Richtwerte erarbeitet. In Deutschland existieren zurzeit keine gesetzlichen Regelungen mit einem verbindlichen Grenzwert.

Tab. 2: Die unterschiedlichen Empfehlungen nationaler und internationaler Gremien zur Begrenzung der Radonexposition verdeutlichen, wie schwierig das tatsächliche Risiko zu fassen ist.

Institution	Anmerkung	Radonkonzentration im Jahresmittel (Bq/m^3)
Deutsche Strahlenschutzkommission (SSK)* 1994	keine Maßnahmen einfache Maßnahmen Sanierungsmaßnahmen empfohlen	bis 250 250 bis 1.000 über 1.000
Europäische Kommission (EU) 1990	Referenzwert für bestehende Gebäude Planungswert für Neubauten	400 200
Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) 2009		300
Weltgesundheitsorganisation (WHO) 2009	In Ausnahmefällen bis 300 Bq/m^3	100

* SSK-Empfehlung 2005: Bei Entscheidung über konkrete Maßnahmen sollte auch der Bereich unter 250 Bq/m^3 beachtet werden.

6 Maßnahmen zur Verringerung der Radonkonzentration

Wenn durch eine Messung eine erhöhte Radonkonzentration in der Raumluft nachgewiesen ist, gibt es verschiedene Lüftungs- und bautechnische Methoden, um diese zu reduzieren. Bevor mit Sanierungsmaßnahmen begonnen wird, sollte geprüft werden, ob nicht mit einfachen Mitteln und in Selbsthilfe bereits eine wirksame Verringerung der Radonkonzentration erzielt werden kann.

6.1 Einfache Maßnahmen

Regelmäßiges **Lüften** senkt unmittelbar die Radonkonzentration in Innenräumen.

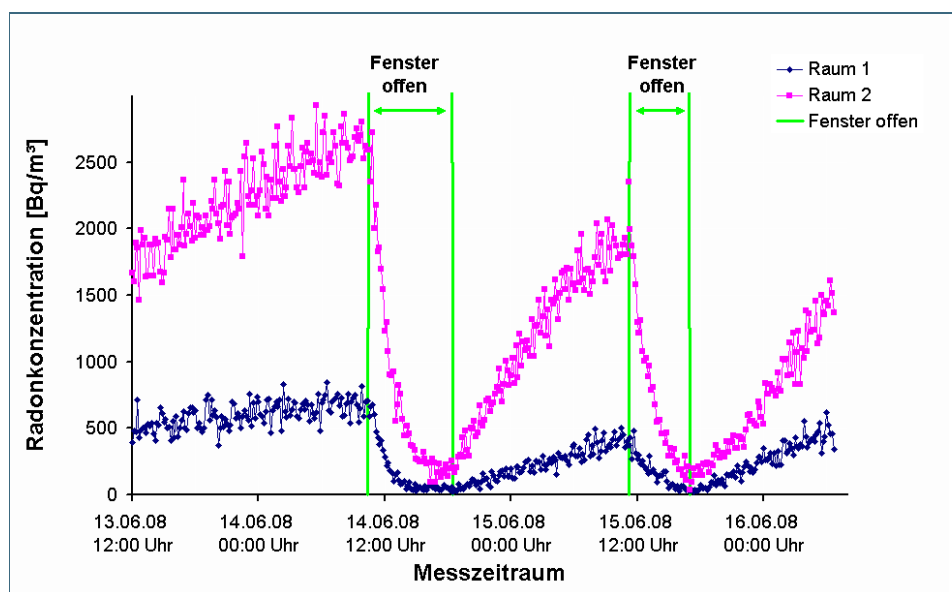


Abb. 4:
Messungen bestätigen, dass einfaches Öffnen der Fenster die Radonkonzentration schnell und wirksam verringert. (Quelle: LfU, 2008)

Wirksam und einfach ist es, die **Eintrittsstellen für Radon abzudichten**. Risse und Fugen in der Bodenplatte und in den Wänden des Kellers oder die Durchführungen von Rohren und Leitungen können mit geeignetem Material (zum Beispiel mit Silikon) verfüllt werden. Auch kleine Spalten, die beispielsweise um einen Bodensiphon entstehen, müssen berücksichtigt werden, da durch diese erhebliche Mengen Radon in den Keller gelangen können.

Durch den Einbau dichter Türen und durch Abdichten von Leitungsdurchführungen kann die **Ausbreitung von Radon** aus dem Keller in die Wohnräume **unterbunden** werden.

6.2 Aufwendigere Maßnahmen

Wenn einfache Maßnahmen nicht ausreichen:

Einbau einer radondichten Sperrschicht zwischen Untergrund und Gebäude oder zumindest zwischen Keller und Wohnbereich mittels Kunststofffolien, Beschichtungen und Bitumenbahnen im Fundamentbereich.

Absaugen der radonhaltigen Bodenluft durch Verlegung einer Drainage unterhalb des Fundaments.

Installation eines Radonbrunnens mit geeigneter Entlüftung in der Nähe des Hauses, um die radonhaltige Bodenluft von den erdberührten Wänden des Hauses fernzuhalten. Dadurch wird der Eintritt des Radons in das Gebäude verhindert.

Vor einer Sanierung können keine eindeutigen Aussagen über die zu erwartende Minderung der Radonkonzentration getroffen werden. Daher sollte die Wirksamkeit der Sanierung durch eine Kontrollmessung nach der Sanierung überprüft werden.

6.3 Maßnahmen bei erhöhter Radonkonzentration im Kellerbereich

In Kellerräumen können erhöhte Radonkonzentrationen auftreten, auch wenn im Wohnbereich keine erhöhten Konzentrationen gemessen werden. Bei einer Radonkonzentration im Kellerraum von über 1.000 Bq/m³ sind Vorsorgemaßnahmen ratsam:

1. Automatischen Türschließer montieren.
2. Türdichtungen einbauen.
3. Installationskanäle abdichten.
4. Keller natürlich belüften (Fenster öffnen).
5. Keller eventuell mechanisch mit Ventilatoren oder Lüftungsanlagen belüften.

7 Radonsicheres Bauen und Sanieren

Besonders in Regionen mit hohen Radonkonzentrationen in der Bodenluft kann es bei konventioneller Bauweise unter Umständen zu erhöhten Radonkonzentrationen im Haus kommen. Deshalb bieten sich bei Neubauten präventive Maßnahmen an, um den Eintritt von Radon ins Gebäudeinnere zu unterbinden.

7.1 Präventive Maßnahmen bei Neubauten

1. Durchgehende Bodenplatte statt Streifenfundament.
2. Mechanische Luftabführung im Unterbau bzw. unter dem Gebäude.
3. Leitungsdurchführungen (Wasser, Elektrizität, TV, Erdsonden etc.) ins Erdreich sorgfältig abdichten, eventuell oberirdisch verlegen.
4. Eventuell eine radondichte Folie unter der Bodenplatte auslegen.
5. Dichte Türen zwischen Kellerräumen und Wohnräumen anbringen.
6. Abgeschlossene Treppenhäuser.

Die Punkte 1, 2 und 3 stellen bereits einen guten Schutz gegen Radon dar. Präventive Maßnahmen sind wesentlich einfacher, effektiver und langfristig kostengünstiger als eine nachträgliche Radonsanierung.

7.2 Vorgehensweise bei geplanten energetischen Gebäudeabdichtungen

Nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) sollen Gebäude besser abgedichtet werden. Dadurch wird, vor allem durch den Einbau dichter Türen und Fenster oder Abdichtungen der Fassade, der Luftaustausch deutlich gesenkt. Wenn durch Spalten und Risse im Keller Radon eintritt, dann kann die Radonkonzentration in Innenräumen nach der Sanierung erheblich ansteigen. Entsprechende Maßnahmen, insbesondere die Abdichtung von im Fundament vorhandenen Radoneintrittswegen und der Einbau einer Lüftungsanlage zur Erhöhung der Luftwechselrate, sind dann zu ergreifen.



Damit Gebäudeabdichtungen zur Energieeinsparung nicht zu einem Radonproblem im Haus führen, sollte vor Beginn der Sanierung die Radonsituation im Haus untersucht werden. Ausführliche Informationen liefert das LfU-Merkblatt

► [Einfluss von Gebäudeabdichtungen auf die Radonkonzentration in Innenräumen](#)

8 Literatur und Links

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT:

(2012): [Ermittlung der Radonexposition in Gebäuden – Liste der Messstellen](#). PDF, 2 S.

(2013*): ► [Radon – Einfluss der energetischen Sanierung](#). Broschüre, 2011: PDF, 8 S.

(2013*): ► [Radon in Gebäuden](#)

(2013*): ► [Radon in Häusern - Einfluss von Gebäudeabdichtungen auf die Radonkonzentration in Innenräumen](#). Merkblatt, 2008. PDF, 8 S.

(2013*): ► [Radon – Messung und Bewertung](#). Broschüre, 2011: PDF, 12 S.

(2013*): ► [Radon – Radon-Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden](#). Broschüre. PDF, 16 S.

(2013*): ► [Radon – Vorsorgemaßnahmen bei Neubauten](#). Broschüre, 2011. PDF, 12 S.

(2013*): ► [Strahlung – auf die Dosis kommt es an](#)

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (2013*): ► [Strahlenschutz in Bayern](#)

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ:

(2013*): ► [Einführung Radon](#)

(2013*): ► [Gesundheitliche Auswirkungen von Radon in Wohnungen](#)

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT UND BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ [Hrsg] (2001): Radon-Handbuch Deutschland. Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven.

BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2004): [Radon – Merkblätter zur Senkung der Radonkonzentration in Wohnhäusern](#). PDF, 25 S., Bonn.

DARBY, S. ET AL. (2005): Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. British Medical Journal 330: Seiten 223–227.

DEUTSCHE STRAHLENSCHUTZKOMMISSION:

(1994): Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden. In: Bundesanzeiger Nr. 155, 18. August 1994.

(2004): Stellungnahme „Auswertung der vorliegenden Gesundheitsstudien zum Radon“, 24. Juni 2004.

(2005): Stellungnahme „Lungenkrebsrisiko durch Radonexpositionen in Wohnungen“, 21./22. April 2005.

KEMSKI & PARTNER – BERATENDE GEOLOGEN (2013*): ► [Willkommen bei radon-info.de](#)

MENZLER S., SCHAFFRATH-ROSARIO A., WICHMANN H.E., KREIENBOCK L. (2006): Abschätzung des attributalen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. Ecomed-Verlag. Landsberg.

* Zitate von online-Angeboten vom 28.08.2013

9 Weiterführende Informationen

UmweltWissen-Publikationen:

► [Labore und Sachverständige im Umweltbereich](#)

► [Luftschadstoffe – Wirkungen auf Ökosysteme](#)

► [Radioaktivität und Strahlung – Vorkommen und Überwachung](#).

Ansprechpartner: ► http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/0_ansprechpartner.pdf

Weitere Publikationen zum Umweltschutz im Alltag: ► www.lfu.bayern.de/umweltwissen

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

Ref. 12 / Claudia Wagner

Ref. 41 / Dr. Simone Körner

Ref. 41 / Dr. Christiane Reifenhäuser

Bildnachweis:

Kemski & Partner, Bonn: Abb. 1

LfU: Seite 1, Abb. 2 bis 4 und Seite 6

Stand:

Neufassung:

April 2005

Überarbeitung:

Juli 2007

September 2008

Aktualisierung der Links:

April 2008, September 2008, April 2011, Mai 2012

August 2013

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden.

Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.