



andk

# Umweltindikatoren

– Bundesland Hessen –



Umwelt und Geologie

# Umweltindikatoren

– Bundesland Hessen –

Wiesbaden, 2007

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

## Impressum

Umwelt und Geologie

ISSN 1617-4038  
ISBN 978-3-89026-351-9

Umweltindikatoren  
– Bundesland Hessen –

Bearbeiter: Dipl.-Geogr. Sonja Singer-Posern  
Dipl.-Ing. Ute Heyder  
Dipl.-Ing. Susanne Schroth

Titelfotos: Wald: Roland Steffens (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen)  
alle anderen HLUg

Herausgeber, © und Vertrieb:  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

Telefon: 0611/69 39-0  
Telefax: 0611/69 39-555  
E-Mail: [vertrieb@hlug.de](mailto:vertrieb@hlug.de)

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

# Inhalt

Vorwort .....	4
1 Einleitung .....	5
2 Umweltindikatoren Hessen .....	9
2.1 Klimaschutz und Energiewirtschaft .....	9
2.1.1 Kohlendioxidemissionen .....	9
2.1.2 Klimaentwicklung .....	11
2.1.3 Energieproduktivität .....	13
2.1.4 Energieverbrauch .....	14
2.1.5 Endenergieverbrauch .....	17
2.2 Umweltverträgliche Mobilität .....	18
2.2.1 Kohlendioxidemissionen des Verkehrs .....	18
2.3 Flächennutzung, Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz .....	20
2.3.1 Flächenverbrauch - Siedlungs- und Verkehrsfläche .....	20
2.3.2 Landschaftszerschneidung .....	21
2.3.3 Stickstoffüberschuss .....	23
2.4 Ressourcennutzung .....	25
2.4.1 Abfall und Verwertung – Siedlungsabfälle .....	25
2.4.2 Abfall und Verwertung – gefährliche Abfälle .....	27
2.4.3 Rohstoffproduktivität .....	28
2.4.4 Wasserversorgung – Letztverbraucher .....	29
2.4.5 Wasserversorgung – Industrie und Gewerbe .....	31
2.4.6 Zertifizierte Waldfläche .....	32
2.5 Umwelt, Ernährung, Gesundheit .....	34
2.5.1 Luftqualität – Immissionen .....	34
2.5.2 Luftqualität – Depositionen .....	38
2.5.3 Erholungsflächen .....	43
2.5.4 Ökologische Landwirtschaft .....	44
2.6 Schutz natürlicher Ressourcen .....	45
2.6.1 Biologische Gewässergüte .....	45
2.6.2 Wasserqualität des Grundwassers – Nitratgehalt .....	47
2.6.3 Reinigungsleistung kommunaler Abwasseranlagen .....	48
2.6.4 Naturschutzgebiete .....	50
2.6.5 Waldflächenbilanz .....	52
2.6.6 Waldzustand .....	53
3 Ausblick .....	55
4 Verzeichnis der Abkürzungen .....	56
5 Glossar .....	57
6 Literaturverzeichnis .....	63

## Vorwort



Umweltindikatoren geben einen Überblick über Zustand und Entwicklung der Umwelt. Mit der vorliegenden Veröffentlichung werden zum ersten Mal die Umweltindikatoren für das Land Hessen vorgestellt. Sie gliedern sich in die Themenfelder Klimaschutz und En-

ergiewirtschaft, umweltverträgliche Mobilität, Flächennutzung, Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz, Ressourcennutzung, Umwelt, Ernährung und Gesundheit sowie Schutz natürlicher Ressourcen.

Indikatoren fokussieren den Blick auf wesentliche Trends der Umwelt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung. Mit einer gezielten Auswahl aus der Vielzahl der zur Verfügung stehenden Umweltdaten und -beobachtungen werden wesentliche Veränderungen der Umwelt aufgezeigt. Komplexe Ursachen-Wirkungszusammenhänge werden möglichst anschaulich, verständlich und nachvollziehbar dargestellt.

Indikatoren können als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden und auf Gebiete mit vordringlichem Handlungsbedarf aufmerksam machen oder auch Erfolge bereits durchgeführter Maßnahmen dokumentieren.

Der Blick wird dabei auf alle Umweltmedien und Handlungsfelder gerichtet und thematisiert auch Bereiche, auf die die Bürgerinnen und Bürger mehr oder weniger direkten Einfluss nehmen können.

Mit der Bereitstellung von Umweltindikatoren steht Hessen nicht alleine. Vielmehr wird in fast allen Bundesländern, dem Bund und auch auf europäischer Ebene mit Indikatoren gearbeitet. Seit Jahren läuft ein erfolgreicher fachlicher Abstimmungsprozess zwischen den Bundesländern mit dem Ziel, eine überschaubare Anzahl einheitlich definierter Umweltindikatoren zu erarbeiten und bereitzustellen. Darüber hinaus hat die Umweltministerkonferenz im Mai 2004 die Nutzung umweltbezogener Nachhaltigkeitsindikatoren empfohlen.

Auch Hessen hat diese Empfehlungen aufgegriffen, stellt Indikatoren zur Verfügung und aktualisiert sie laufend.

Mit der Veröffentlichung der Umweltindikatoren Hessen wird auch dem Hessischen Umweltinformationsgesetz vom 14. Dezember 2006 Rechnung getragen, das den Zugang zu Umweltdaten und -informationen für jede Bürgerin und jeden Bürger fordert. Zudem wird eine Informationsgrundlage geschaffen, um verantwortliches gesellschaftliches Handeln zu ermöglichen.

Eine regelmäßige Datenfortschreibung der in diesem Bericht vorgelegten 25 Umweltindikatoren ist daher ebenso geplant wie die Erarbeitung neuer Indikatoren entsprechend den sich fortentwickelnden Anforderungen an ein Umweltmonitoring.

A handwritten signature in blue ink that reads "Thomas Schmid".

Dr. Thomas Schmid  
Präsident  
des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie

# 1 Einleitung

Mit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro ist Nachhaltigkeit zum Ziel und Leitbild für das Handeln in Wirtschaft und Gesellschaft geworden. Umweltpolitik misst ihre Erfolge an Vorgaben der nachhaltigen Entwicklung und braucht dazu verlässliche Indikatoren, um festzustellen, wo sie auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung steht.

Umweltindikatoren sind Kenngrößen, mit denen der komplexe Zustand der Umwelt erfasst, beschrieben und bewertet wird.

- Indikatoren sollen Probleme identifizieren und Entwicklungen aufzeigen. Diese Aufgabe kann umso besser erfüllt werden, je zielgenauer eine Problemstellung über einen Indikator erfasst wird.
- Indikatoren dienen der Identifizierung von Themenfeldern mit Handlungsbedarf. Sie können Trends aufdecken, die nicht den Zielvorgaben z. B. einer nachhaltigen Entwicklung entsprechen, und somit die gezielte Planung von erforderlichen Maßnahmen und einen effektiven Ressourceneinsatz durch politische Entscheidungsträger unterstützen.
- Indikatoren bilden über Zeitreihen Trends oder auch uneinheitliche Verläufe ab. Werden Indikatoren mit Zielvorgaben verknüpft, können sie zur Evaluation herangezogen werden.
- Indikatoren sollen komplexe Ursache-Wirkungszusammenhänge für die Öffentlichkeit anschaulich, verständlich und nachvollziehbar darstellen.

Indikatoren sind die Grundlage eines Umweltmonitorings. Sie sollen Auskunft geben über Zustand und Veränderungen der Umwelt, die Entwicklung von Belastungen der Umwelt und den Erfolg von Maßnahmen auf dem Weg zum Ziel. Dazu werden messbare und belastbare Daten benötigt. Bei der Entwicklung von Umweltindikatoren wird aus der großen Menge der zur Verfügung stehenden Umweltdaten und -beobachtungen eine gezielte Auswahl getroffen und diese entsprechend ausgewertet. Die Aussagekraft der Indikatoren ist abhängig von den Fragestellungen, auf die sie (inhaltlich und räumlich spezifische) Antworten geben sollen und die die Datenauswahl und -auswertung bestimmen.

Umweltindikatoren haben zum einen das Ziel, eine interessierte Öffentlichkeit auf positive und negative Entwicklungen der Umwelt aufmerksam zu machen. Sie sollen aber auch politische Entscheidungsträger darin unterstützen, den Erfolg von Programmen und Maßnahmen über ein kontinuierliches Umweltmonitoring auf der Basis von Indikatorensystemen beurteilen zu können und somit steuernde Funktionen übernehmen. Indikatoren können im Rahmen von Monitoringsystemen daher auch einen Beitrag zu einem gezielten und sparsamen Mitteleinsatz durch Entscheidungsträger leisten.

Hier einige Beispiele für die Verwendung von Indikatoren:

- Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung werden 21 Indikatoren als Gradmesser der Nachhaltigkeit aus den Bereichen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft genannt.
- Im Kernindikatorensatz des Umweltbundesamtes werden Entwicklungen der Umwelt unter den Leitthemen
  - Klimaänderungen,
  - biologische Vielfalt, Naturhaushalt und Landschaft,
  - Umwelt, Gesundheit und Lebensqualität sowie
  - Ressourcennutzung und Abfallwirtschaft
 mit über 50 Indikatoren abgebildet und anhand der Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie bewertet.
- Daneben stellt das Umweltbundesamt seit 1998 für einen schnellen Überblick das Umweltbarometer mit nur wenigen Indikatoren und den Deutschen Umweltindex (DUX) – einen Kennwert, der in einer einzigen Zahl den Fortschritt der Zielerreichung im Umweltschutz in Deutschland widerspiegeln soll – zur Verfügung.
- Nicht zuletzt aufgrund einer mittlerweile großen Anzahl unterschiedlicher Indikatorenzusammenstellungen wurde auf Länderebene durch die Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) ein einheitlicher Kernindikatorensatz für den Umweltbereich entwickelt, durch die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Nachhaltige Entwicklung (BLAGNE) vereinheitlicht sowie zwischen den Bundesländern und dem Bund abgestimmt und der Umweltministerkonferenz (UMK) vorgelegt. Im Mai 2004 hat die Umweltministerkonferenz diese derzeit 24 umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren beschlossen.

Aus den genannten vielfältigen Ansätzen wird deutlich, dass sowohl der Bund als auch die Bundesländer Bedeutung und Nutzen von Indikatoren erkannt haben und in zunehmendem Maße systematisch nutzen.

## Indikatoren für Hessen

Für Hessen liegen in großem Umfang Umweltdaten bei den Fachbehörden des Umweltressorts bereit. Darüber hinaus kann auf weitere Daten mit Umweltrelevanz zurückgegriffen werden, die bei statistischen Ämtern oder anderen Ressorts geführt werden. Zahlreiche Messnetze, die das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie betreut und deren Daten es auswertet, liefern seit vielen Jahren eine Fülle von Daten über den Zustand der Umwelt in Hessen. Mit dem Aktionsprogramm Umwelt des damaligen Hessischen Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten wurden im Jahr 2002 in einem ersten Ansatz mögliche Indikatoren zur Überprüfung von Qualitäts- und Handlungszielen formuliert.

In der Zwischenbilanz für die Legislaturperiode 2003–2008 betont das Umweltministerium, dass die umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren der UMK, ergänzt durch weitere Indikatoren, auch in Hessen bereitgestellt und genutzt werden sollen. Mit der vorliegenden Zusammenstellung von Umweltindikatoren wird nun ein wichtiger Schritt gemacht, den Prozess zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung in Hessen durch Indikatoren zu begleiten. Soweit nach der hessischen Datenlage möglich, wurden die von der UMK beschlossenen und von den Bundesländern abgestimmten umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren einbezogen. Darüber hinaus wurden weitere Indikatoren ergänzt.

Die Indikatoren für Hessen werden entsprechend der Gliederungssystematik der UMK-Indikatoren folgenden Bereichen zugeordnet:

- Klimaschutz und Energiewirtschaft
- Umweltverträgliche Mobilität
- Flächennutzung, Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz
- Ressourcennutzung
- Umwelt, Ernährung und Gesundheit
- Schutz natürlicher Ressourcen.

Tab. 1 stellt diese Zuordnung der ausgewählten Indikatoren dar.

Die Beschreibung jedes einzelnen Indikators gliedert sich in:

- Hinweise zur Bedeutung des Indikators im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung
- Definition des Indikators und Informationen zur Datenherkunft
- Aussagen zur Entwicklung der dargestellten Zeitreihen und Interpretationshinweise
- Hinweise zur weiteren Fortschreibung bzw. Weiterentwicklung des Indikators (soweit erforderlich).

Wie für alle Indikatorenzusammenstellungen gilt auch für diese, dass Indikatoren(-systeme) keine festgeschriebenen und unveränderbaren Tatsachen sind. So müssen auch die hessischen Umweltindikatoren fortlaufend weiterentwickelt und um neue Indikatoren ergänzt werden, um auf aktuelle Fragestellungen einzugehen. Trotz der gewünschten Aktualität darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Indikatoren auf möglichst lange Zeitreihen zurückgreifen sollten, um verlässliche Aussagen zu ermöglichen. Mit der vorliegenden ersten Zusammenstellung von Umweltindikatoren für Hessen konnten noch nicht alle als relevant erachteten Themen ausreichend mit Indikatoren belegt werden. Dies liegt zum Teil an einer in einigen Bereichen noch unzureichend belastbaren Datengrundlage, zum anderen sind noch methodische Probleme zu lösen. Deshalb wird es Aufgabe der nächsten Jahre sein, Lücken zu schließen sowie neue Entwicklungen aufzunehmen und über Indikatoren abzubilden.

## Hinweise zur Aussagefähigkeit von Indikatoren

Indikatoren fokussieren den Blick auf zentrale Entwicklungen und dienen als Entscheidungshilfen. Sie sind jedoch kein unmittelbarer Spiegel der Realität.

### **Der Blick auf das Wesentliche**

Indikatoren sind in der Regel aggregierte Daten, die nach eindeutigen Vorgaben zusammengefasst werden.

Durch die Aggregation von Daten werden Informationen und Entwicklungen sozusagen „auf den Punkt“ gebracht. Komplexe Sachverhalte werden möglichst einfach und verständlich dargestellt. Aus einer Vielzahl fachlicher Informationen werden Indikatoren entwickelt, die entscheidende Aussagen zu Zustand und Entwicklung der Umwelt geben.

**Tab. 1.** Liste der hessischen Umweltindikatoren

	UMK-Indikator	Hessischer Indikator
<b>1. Klimaschutz und Energiewirtschaft</b>		
1.1 Kohlendioxidemissionen	●	
1.2 Klimaentwicklung	●	
1.3 Energieproduktivität	●	
1.4 Energieverbrauch	●	
1.5 Endenergieverbrauch	●	
<b>2. Umweltverträgliche Mobilität</b>		
2.1 Kohlendioxidemissionen des Verkehrs	●	
<b>3. Flächennutzung, Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz</b>		
3.1 Flächenverbrauch – Siedlungs- und Verkehrsfläche	●	
3.2 Landschaftszerschneidung	●	
3.3 Stickstoff-Überschuss	●	
<b>4. Ressourcennutzung</b>		
4.1 Abfall und Verwertung – Siedlungsabfälle	●	
4.2 Abfall und Verwertung – gefährliche Abfälle		●
4.3 Rohstoffproduktivität	●	
4.4 Wasserversorgung – Letztverbraucher		●
4.5 Wasserversorgung – Industrie und Gewerbe		●
4.6 Zertifizierte Waldfläche		●
<b>5. Umwelt, Ernährung und Gesundheit</b>		
5.1 Luftqualität – Immissionen	●	
5.2 Luftqualität – Depositionen		●
5.3 Erholungsflächen	●	
5.4 Ökologische Landwirtschaft	●	
<b>6. Schutz natürlicher Ressourcen</b>		
6.1 Biologische Gewässergüte	●	
6.2 Wasserqualität des Grundwassers – Nitratgehalt	●	
6.3 Reinigungsleistung kommunaler Abwasseranlagen		●
6.4 Naturschutzgebiete	●	
6.5 Waldflächenbilanz		●
6.6 Waldzustand	●	

Messnetze liefern große Mengen an Daten, die in aggregierter Form aussagekräftige Zeitreihen ergeben.

Natürlich gehen dabei auch Detailinformationen verloren. Ein Indikator, dessen Wert repräsentativ für ganz Hessen sein soll, verzichtet zwangsläufig darauf, regional differenzierte Entwicklungen abzubilden (z. B. Unterschiede bei der Nitratbelastung des Grundwassers in landwirtschaftlich stark genutzten Räumen im Vergleich zu Verdichtungsräumen).

Indikatoren beschränken sich aus fachlicher Sicht auf die Beobachtung der wesentlichen Entwicklun-

gen. Zur Beurteilung der Luftqualität wird beispielsweise das Augenmerk auf Einzelparameter wie Stickstoffdioxid, Ozon und Feinstaub gerichtet.

Eine weitere Verdichtung von Informationen kann im Zuge einer Indexbildung erfolgen, bei der verschiedene Einzelparameter (und ihre Gewichtungen) zu einem einzigen Index zusammengefasst werden (z. B. Luftqualitätsindex). Neben einem Verlust von Einzelinformationen wird dabei eine Vermischung unterschiedlicher in den Index eingehender Parameter in Kauf genommen. Häufig sind solche Indexbildungen sehr komplex, schwer vermittelbar



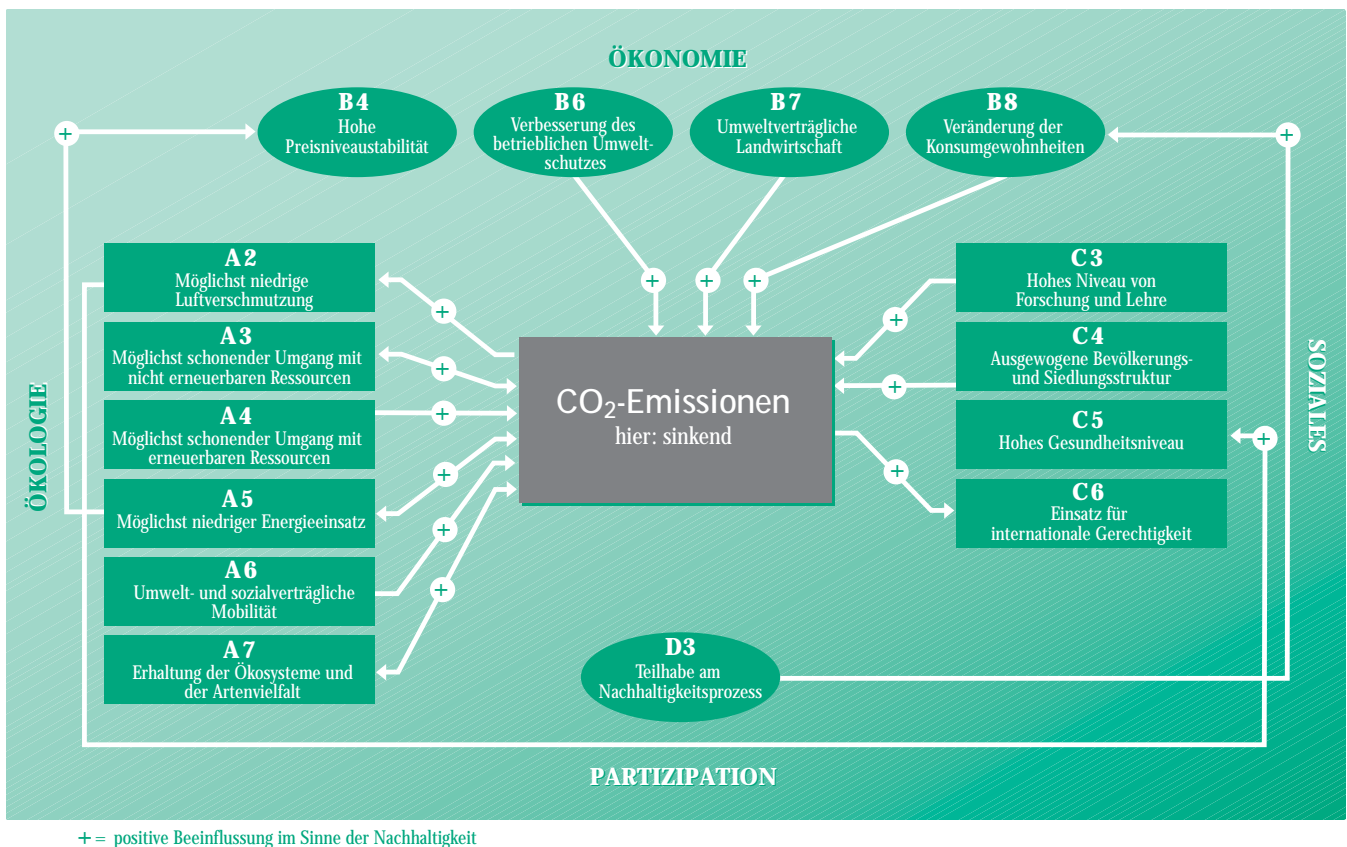


Abb. 1: Wechselwirkungen von Indikatoren am Beispiel CO<sub>2</sub>-Emissionen (Quelle: FEST 2003).

und bergen das Risiko einer problematischen Nivellierung. Bei den Indikatoren dieser Veröffentlichung wird aus diesen Gründen auf eine Indexbildung verzichtet.

### Wechselwirkungen

Durch vielfältige Abhängigkeiten bestehen zwischen Indikatoren komplexe Beziehungen. Verändert sich ein Indikator, so hat diese Veränderung Auswirkungen auf andere mit ihm in Beziehung stehenden Indikatoren und Zielen. Wechselwirkungen betrachten darüber hinaus gegenseitige direkte und indirekte Abhängigkeiten zwischen Indikatoren.

Die Komplexität solcher Wechselwirkungen wird in einer Studie der Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft (FEST) anhand zweier Indikatoren – der Anzahl der PKW und der Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen – verdeutlicht. Zurückgegriffen wird in dieser Studie auf den Vorschlag kommunaler Nachhaltigkeitsindikatoren mit jeweils sechs Indikatoren aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie, Soziales und Partizipation. Das exemplarisch ausgewählte Schaubild zu den Wechselwirkungen sinkender CO<sub>2</sub>-

Emissionen zeigt die Komplexität der Abhängigkeiten der Indikatoren untereinander.

Das Schaubild macht deutlich, dass einfache monokausale Erklärungen zu kurz greifen. So wirken sich beispielsweise ein möglichst schonender Umgang mit erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energien, eine umwelt- und sozialverträgliche Mobilität und indirekt ein hohes Niveau von Forschung und Lehre auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. Die Erhaltung der Ökosysteme und der Artenvielfalt stehen ebenso wie ein möglichst niedriger Energieeinsatz mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen in wechselseitiger Beziehung.

### Vergleiche von Bund und Ländern

Jeweils unterschiedliche Rahmenbedingungen schränken Vergleiche zwischen Bundesländern, mit dem Bund als auch von Regionen untereinander ein. Selbst wenn ein Indikator nach derselben Definition, Datenquelle und -berechnung erhoben wird – eine Aufgabe, die die Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) durch fachliche Abstimmung zwischen den Bundesländern aufgegriffen hat – sind viele Indikatoren nicht normiert, also nicht auf eine vergleichbare

Basisgröße bezogen. Da aber die Wirtschafts- und Bevölkerungsstruktur, die Verkehrsinfrastruktur, die räumlichen Gegebenheiten und die Lage und historische Entwicklung von Teilräumen sehr unterschiedliche Voraussetzungen bieten, sind Vergleiche nur eingeschränkt möglich. Auch bei normierten Indikatoren wie der Rohstoffproduktivität, bei der das Bruttoinlandsprodukt ins Verhältnis zur Inanspruchnahme von Rohstoffen gesetzt wird, ist bei der Interpretation auch die gesamte Wirtschaftsstruktur (z. B. Anteile von Primär-, Sekundär-, Tertiärsektor etc.) zu berücksichtigen.

### **Indikator und Kennzahl – synonyme Begriffe?**

Sowohl bei Indikatoren als auch bei sogenannten Kennzahlen handelt es sich um Kenngrößen. Dennoch werden gelegentlich den Indikatoren Kennzahlen gegenübergestellt. Während es sich bei Indikatoren um Kenngrößen handelt, die mittel- bis langfristige Zeitreihen erfordern, werden Kennzahlen auch für kurzfristige Entwicklungen von nur wenigen Jahren herangezogen, wie sie z. B. für Controlling-

aufgaben oder auch betriebswirtschaftliche Auswertungen erforderlich sind. Kennzahlen dienen dazu, steuerungsrelevante Sachverhalte bzw. die Zielerreichung zu beschreiben und sind somit eine Teilmenge von Indikatoren.

Am Beispiel des Hochwasserschutzes soll eine abgrenzende Klärung versucht werden: Der Erfolg der Sanierung der Rheindeiche wird durch eine Kennzahl festgehalten, die besagt, dass die Deichsanierung sehr erfolgreich verläuft und in den nächsten Jahren zu 100 % abgeschlossen sein wird. Dagegen belegt ein Indikator für den Hochwasserschutz, der dazu die Hochwasserschäden erfasst, dass es trotz Bemühungen zum Hochwasserschutz nach wie vor Hochwasserschäden gibt, somit beim Hochwasserschutz noch einige Anstrengungen erforderlich sind.

Letztlich ist eine klare Trennung der beiden Begriffe nur schwer möglich, da die Grenze zwischen den Begrifflichkeiten fließend ist.

## 2 Umweltindikatoren Hessen

### 2.1 Klimaschutz und Energiewirtschaft

#### 2.1.1 Kohlendioxidemissionen

#### **Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Emittierte Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr

#### **Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

Der anthropogen verursachte Treibhauseffekt ist ein globales Problem. Auswirkungen der Klimaänderungen sind jedoch auch in Hessen für Natur und Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu erwarten. Aufgrund des Anstieges der Konzentrationen der sechs Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H-FKW, FKW, SF<sub>6</sub> – sogenannte Kyoto-Gase) in der Atmosphäre wird global ein Temperaturanstieg zwischen 1,1 und 6,4 K und ein Anstieg der Meeresspiegel zwischen 18 und 59 cm bis zum Jahr 2100, eine Veränderung der globalen und regionalen Niederschläge sowie eine Zu-

nahme extremer Wetterereignisse vorhergesagt (vierter Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2007) mit Auswirkungen auf Ökosysteme sowie wirtschaftlichen und sozialen Folgen.

Die hier betrachteten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursacht. Im weltweiten Maßstab tragen sie, gemessen an den übrigen Treibhausgasen, mit über 50 % – regional teilweise weit darüber – den größten Anteil zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Aufgrund dieser Schlüsselfunktion ist eine ausschließliche Betrachtung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, also ohne Berücksichtigung der übrigen klimarelevanten Gase, zweckmäßig, da bereits eine Reduzierung dieses Teils der CO<sub>2</sub>-Emissionen einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

### Definition

Die jährlichen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden über die Quellenbilanz ermittelt. Die Quellenbilanz stellt die CO<sub>2</sub>-Emissionen dar, die aus dem Primärenergieverbrauch eines Landes resultieren. Dabei wird unterschieden zwischen dem Umwandlungsbereich (z. B. Strom-, Fernwärmeerzeugung) und dem Endenergieverbrauch (z. B. des Verkehrs, der privaten Haushalte). Einbezogen werden die Emissionen der fossilen Energieträger Kohle, Gas, Mineralöl und von deren kohlenstoffhaltigen Produkten. Mit Hilfe von Emissionsfaktoren, die das Umweltbundesamt für die einzelnen Energieträger festlegt, werden die Emissionen nach der Methodik des „Länderarbeitskreises Energiebilanzen“ aus den hessischen Energiebilanzen berechnet. Eine Temperaturbereinigung erfolgt nicht.

Dargestellt werden die emittierten Tonnen Kohlendioxid pro Jahr als absolute Emissionsmenge. Für Hessen werden 80 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Sektors Luftverkehr dem internationalen Luftverkehr zugerechnet (s. Nationaler Inventarbericht) und gesondert dargestellt.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die emittierten Mengen von CO<sub>2</sub> in Hessen pendeln seit 1990 zwischen 50 und 60 Millionen Tonnen pro Jahr (inklusive internationaler Luftverkehr). Die Werte lassen keine klare Trendaussage zu. Die größten Emittentensektoren sind der Verkehr mit einem Anteil von 48,5 % und der Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher mit einem Anteil von 27,8 % an den gesamten hessischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der Umwandlungsbereich ist für 16,7 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Auf den Sektor Industrie entfallen 6,9 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen (prozentuale Angaben für 2002, jeweils inklusive internationaler Luftverkehr).

Die Daten sind nicht temperaturbereinigt, daher können die Schwankungen zum Teil auf Witterungseinflüsse zurückzuführen sein. Weitere mögliche Ursachen sind Konjunktur- oder Energiepreisschwankungen.

### Weiterentwicklung des Indikators

Wünschenswert ist eine Gesamtbilanz der Kyoto-

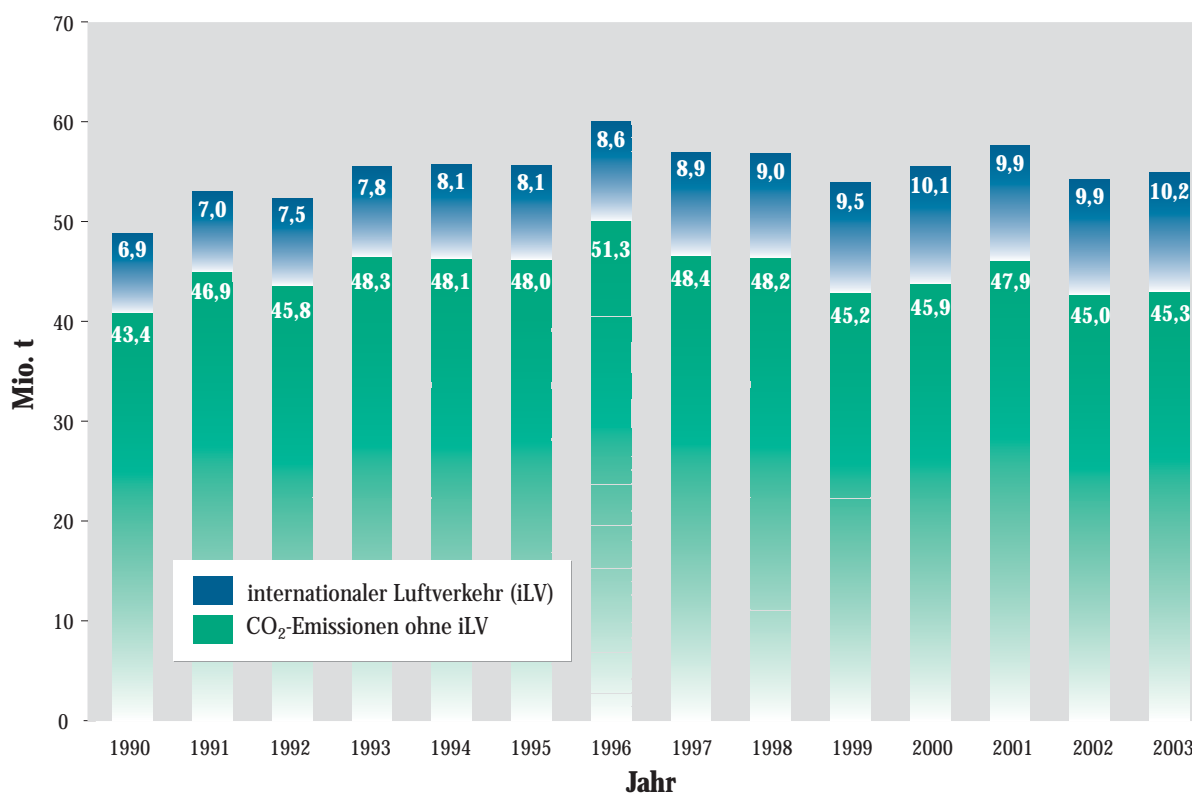


Abb. 2: CO<sub>2</sub>-Emissionen (absolut) (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt/Länderarbeitskreis Energiebilanzen).

Gase. Für Hessen wurde erstmals im Jahr 2007 eine Bilanz der jährlichen Treibhausgasemissionen erstellt (ohne F-Gase). Der Indikator wird auf die dort dargestellten Treibhausgasemissionen erweitert werden, analog zur geplanten Ergänzung des UMK-Indikators.

## 2.1.2 Klimaentwicklung

### **Klimaentwicklung – Phänologische Veränderungen**

- a) Veränderung des Beginns der Apfelblüte
- b) Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode

#### **Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

Die Phänologie (Lehre von den Erscheinungen) befasst sich mit den im jahreszeitlichen Ablauf periodisch auftretenden beobachtbaren Erscheinungen der Pflanzen- und Tierwelt, z. B. Blattaustrieb, Blüte und Blattfall, Zugverhalten und Paarungszeit von Vögeln. Phänologische Beobachtungen der Pflanzen erfassen die wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen, also die Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien (Phasen) der Pflanzen. Verschiebungen vieler phänologischer Phasen hängen von Temperaturveränderungen ab. Aus den Eintrittszeiten phänologischer Phasen kann somit der Einfluss veränderter Umweltbedingungen, vor allem Änderungen von Witterung und Klima, auf die Vegetationsentwicklung ermittelt werden. Langjährige Datenreihen haben dabei einen hohen Stellenwert.

Vor allem in gemäßigten Klimazonen können phänologische Beobachtungen an Pflanzen Hinweise auf Temperaturveränderungen geben. Dabei zeichnen sich vor allem die Frühlingsphasen (Vor-, Erst-, Vollfrühling, d. h. das Aufbrechen der Knospen, die Blattentfaltung und die Blüte der Pflanzen) durch eine starke Korrelation mit der Temperatur aus (maßgeblich ist die Temperatur der einer Entwicklungsphase vorausgehenden 2–3 Monate). Der Eintritt der Herbstphasen dagegen wird von zahlreichen anderen Faktoren (z. B. Niederschlagsmenge im Sommer, Einstrahlung etc.) mitbestimmt.

Auch wenn bereits langjährige und detaillierte Messreihen zu den einzelnen abiotischen Klimafaktoren (Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte etc.) vorlie-

gen, stellt die Beobachtung phänologischer Veränderungen einen sehr anschaulichen Indikator zum Thema Klimawandel dar, der zudem für die Landwirtschaft von großer Bedeutung ist (so beispielsweise veränderte Vegetationsperiode, Spätfröste).

#### **Definition**

Als Indikator für die langfristige Temperaturentwicklung wird der Beginn der Apfelblüte als Anzeiger des Eintritts des Vollfrühlings gewählt. Zusätzlich wird die Veränderung der Dauer der gesamten Vegetationsperiode abgebildet, erfasst durch die Zeitspanne zwischen dem (relativ frühen) Blühbeginn der Salweide und der Blattverfärbung der Stieleiche, die als phänologischer Zeiger für den Eintritt des Spätherbstes gilt. Damit ist eine Annäherung an die landwirtschaftliche Vegetationsperiode gegeben.

- a) Die Veränderung des Beginns der Apfelblüte (Angabe in Tag des Jahres) wird aus dem linearen Trend berechnet, der sich jeweils auf 30-Jahres-Perioden der Klimabeobachtung bezieht (1961–1990, 1971–2000 usw.), und als Veränderung pro 10 Jahre wiedergegeben. Negative Werte stellen einen verfrühten Eintritt, positive Werte einen verspäteten Eintritt der Apfelblüte dar.
- b) Die Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode (Kalendertag Blattverfärbung Stieleiche minus Kalendertag Blühbeginn Salweide; Angabe in Tagen) wird ebenfalls aus dem Trend wie oben berechnet und als Veränderung pro 10 Jahre wiedergegeben.

Die Daten werden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) im Rahmen des phänologischen Beobachtungsnetzes jährlich erhoben. Für den Indikator werden die Daten aller Beobachtungsstationen in Hessen gemittelt und alle im jeweiligen Jahr zur Verfügung stehenden Daten berücksichtigt.

#### **Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

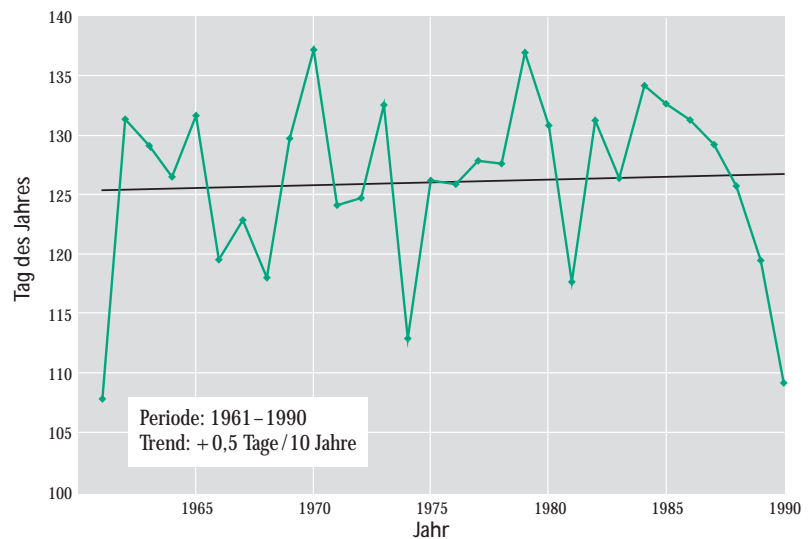
Der Beginn der Apfelblüte ist bei der Trendbetrachtung für den Zeitraum 1961 bis 1990 (= klimatologische Referenzperiode) trotz der jährlichen Schwankungen etwa unverändert geblieben (mit einem Trend zu einer leichten Verspätung um 0,5 Tage

in zehn Jahren). In den letzten dreißig Jahren (1971–2000) hat sich der Blühbeginn in Hessen jedoch deutlich verfrüht (um gut vier Tage in zehn Jahren). Eine bundesweite Trendbetrachtung liefert ähnliche Ergebnisse; hier hat sich der Beginn der Apfelblüte im Zeitraum 1971–2000 um 4,5 Tage in zehn Jahren verfrüht.

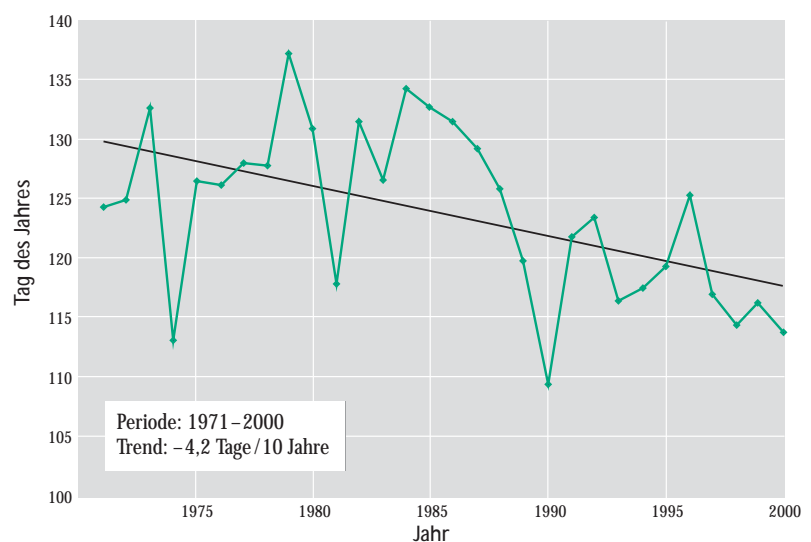
Somit wird deutlich, dass gerade in den letzten 10 bis 15 Jahren eine Trendveränderung eingesetzt hat. Aufgrund der starken Korrelation der phänologischen Frühlingsphasen mit der Temperatur ist davon auszugehen, dass eine Erwärmung im Frühjahr Auslöser dieser Entwicklung ist. Für den Obstbau kann die verfrühte Apfelblüte jedoch bei Auftreten von Spätfrösten zu Ertragsminderungen führen.

Die Dauer der Vegetationsperiode in Hessen zeigt für beide 30-Jahres-Zeiträume einen deutlichen Trend zur Verlängerung. Für die Periode von 1971–2000 (+ 3,7 Tage in zehn Jahren) verlängert sich die Vegetationsperiode noch deutlicher als von 1961–1990 (+ 2,4 Tage in zehn Jahren). Die bundesweite Auswertung liefert erneut vergleichbare Werte (1971–2000: + 3,3 Tage in zehn Jahren; 1961–1990: + 2,7 Tage in zehn Jahren).

Betrachtet man die beiden phänologischen Phasen Blühbeginn Salweide und Blattverfärbung Stieleiche getrennt, so zeigt sich, dass die Vegetationsperiode sowohl im Frühjahr zeitiger einsetzt (1971 bis 2000: um 2,8 Tage in 10 Jahren) als auch sich im Herbst verlängert (1971 bis 2000: um 0,9 Tage in 10 Jahren). Die größere Veränderung findet beim Blühbeginn der Salweide statt und kann relativ sicher auf eine Erwärmung des Frühjahrs zurückgeführt werden. Da die Wahl der phänologischen Phasen so getroffen wurde, dass eine Annäherung an die landwirtschaftliche Vegetationsperiode gegeben ist, ist davon auszugehen, dass sich auch die landwirtschaftliche Vegetationsperiode verlängert hat.



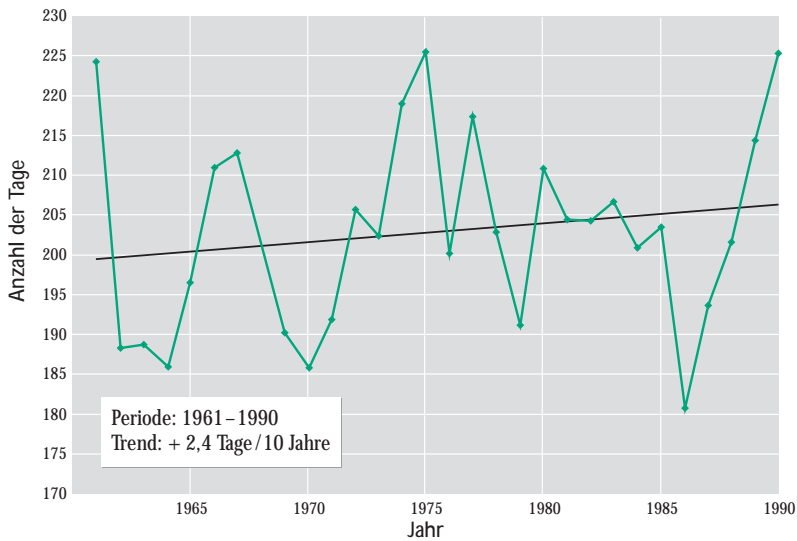
**Abb. 3:** Beginn Vollfrühling (Apfelblüte) in Tag des Jahres und linearer Trend 1961–1990 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).



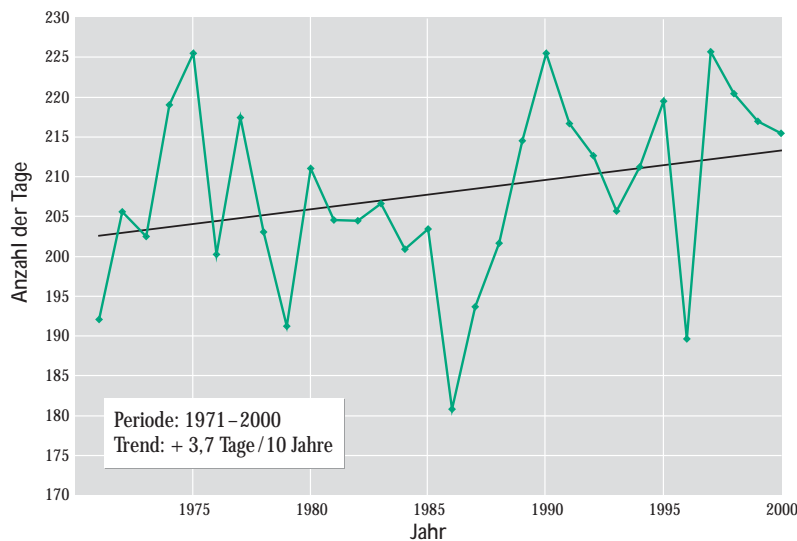
**Abb. 4:** Beginn Vollfrühling (Apfelblüte) in Tag des Jahres und linearer Trend 1971–2000 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).

### Weiterentwicklung des Indikators

In sog. phänologischen Gärten werden Vegetationsphasen an genetisch identischen Pflanzen beobachtet, um den Einfluss des Erbgutes auf den Eintritt der Entwicklungsstadien auszuschließen. Zudem werden bestimmte Anforderungen an Lage und Exposition der Versuchsflächen gestellt, um eine bessere Vergleichbarkeit der Beobachtungsergebnisse zu gewährleisten. Wenn eine repräsentative Anzahl phänologischer Gärten eingerichtet ist und Daten zur Verfügung stehen, ist eine Nutzung dieser Beobachtungsergebnisse zu prüfen.



**Abb. 5:** Dauer der Vegetationsperiode in Tagen (Blüte Salweide – Blattverfärbung Stieleiche) und linearer Trend 1961–1990 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).



**Abb. 6:** Dauer der Vegetationsperiode in Tagen (Blüte Salweide – Blattverfärbung Stieleiche) und linearer Trend 1971–2000 (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).

gieversorgung und -nutzung, die zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen (vor allem von CO<sub>2</sub>) beiträgt, ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für einen erfolgreichen Klimaschutz. Die Energieproduktivität ist ein Maß für die Effizienz bei der Verwendung von Energieressourcen. Sie stellt dar, wie viel Bruttoinlandsprodukt mit einer Einheit Primärenergie produziert wird. Eine Steigerung der Energieeffizienz bedeutet folglich eine höhere Energieproduktivität. Mit Hilfe dieses Indikators kann die Energieeffizienz einer Volkswirtschaft verfolgt, dokumentiert und gegebenenfalls ihr Verlauf durch Einsatz geeigneter Maßnahmen frühzeitig beeinflusst werden.

**Definition**

Die Energieproduktivität ergibt sich aus der wirtschaftlichen Leistung Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogen auf den Primärenergieverbrauch (PEV). Sie wird ausgedrückt in [Mio. €/PJ]. Berechnet wird die jährliche Energieproduktivität wie folgt:

$$\text{Energieproduktivität} = \frac{\text{Bruttoinlandsprodukt (BIP)}}{\text{Primärenergieverbrauch (PEV)}}$$

Die Daten zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) werden nach dem „Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen“ (ESVG 1995) vom Arbeitskreis „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder“ (VGRdL)

([www.vgrdl.de/Arbeitskreis\\_VGR/VR\\_tab02.asp](http://www.vgrdl.de/Arbeitskreis_VGR/VR_tab02.asp)) ermittelt. Sie beziehen sich auf das Preisbasisjahr 1995. Die Berechnung des Indikators wird durch den Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen für alle Bundesländer nach gleicher Methodik durchgeführt.

2.1.3 Energieproduktivität

**Energieproduktivität**

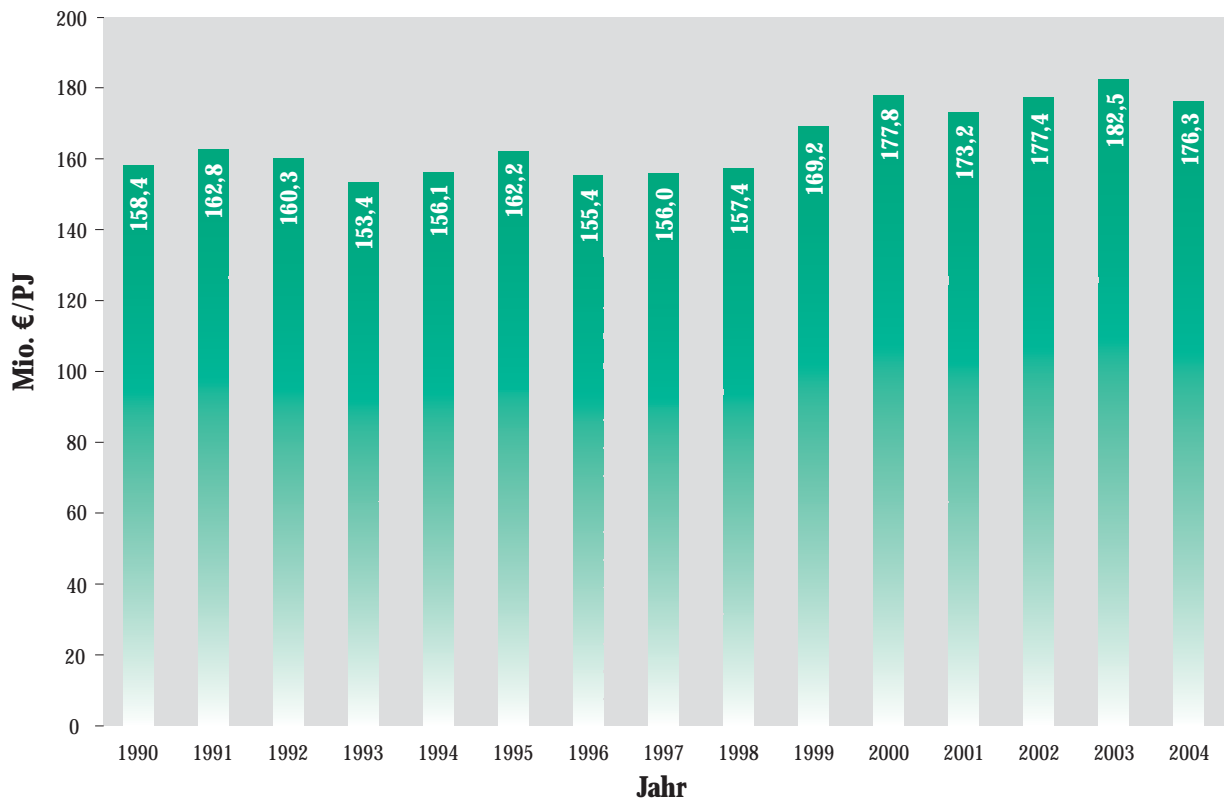
Bruttoinlandsprodukt pro Primärenergieverbrauch

**Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

Die derzeitige Energieversorgung basiert in der Hauptsache immer noch auf der Nutzung fossiler Energieträger. Der Energieverbrauch ist daher mit starken Umweltbelastungen wie Ressourcenverbrauch, Luftverschmutzung und Emissionen von Treibhausgasen verbunden. Eine nachhaltige Ener-

**Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Die Energieproduktivität ist seit 1991 bis 2004 um gut 11 % gestiegen, zwischen niedrigstem (im Jahr



**Abb. 7:** Energieproduktivität – Bruttoinlandsprodukt pro Primärenergieverbrauch (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt/Länderarbeitskreis Energiebilanzen).

1993) und höchstem Wert (2003) liegt sogar eine Steigerung um beinahe 19 %. Damit zeigt die Energieproduktivität in Hessen einen deutlich positiven Trend. Bundesweit ist die Energieproduktivität von 1991 bis 2002 um etwa 18 % gestiegen (von 117 auf 138 Mio. €/PJ; Quelle: AG UGRdL), allerdings lag das Niveau 2002 noch knapp 29 % unter dem hessischen Wert.

Zur Steigerung der Energieproduktivität haben unter anderem Verbesserungen bei Kraftwerken (Neu- und Umbau, Steigerung der Wirkungsgrade) und die Erschließung von Energieeinsparpotentialen in allen Wirtschaftsbereichen und in privaten Haushalten beigetragen.

#### Weiterentwicklung des Indikators

Die dargestellten Daten des Indikators sind noch nicht temperaturbereinigt. Möglichkeiten zur Temperaturbereinigung sind mittlerweile methodisch im LAK Energiebilanzen weitgehend geklärt. Erste temperaturbereinigte Länderwerte werden durch den

LAK bereits berechnet und zusätzlich zu den effektiven Verbrauchswerten dargestellt.

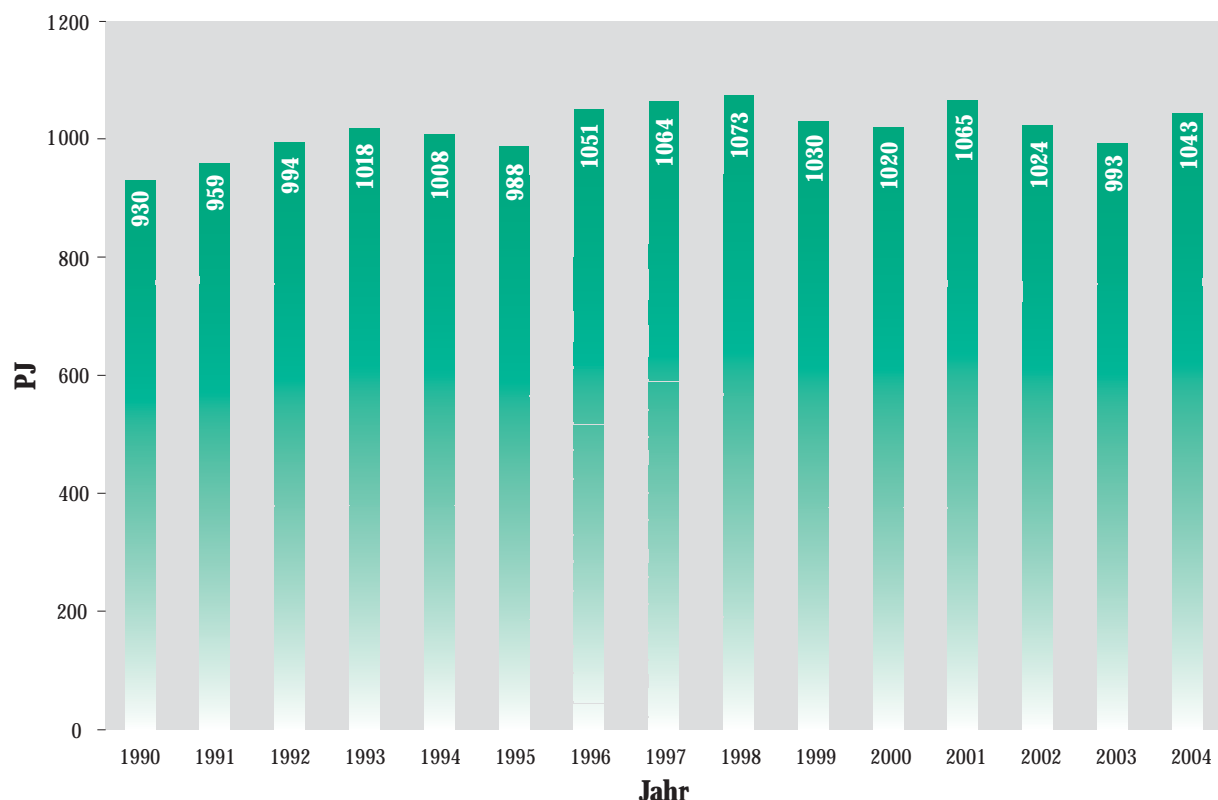
#### 2.1.4 Energieverbrauch

##### Energieverbrauch

- a) Primärenergieverbrauch
- b) Ausgewiesener Anteil regenerativer Energie

##### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Vor dem Hintergrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Energie ist es von besonderer Bedeutung, durch rationelle Energienutzung, also den sparsamen und zielgerichteten Umgang mit Energie, und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien den Ressourcenverbrauch zu verringern und entstehende Umweltbelastungen zu reduzieren. Der Indikator Energieverbrauch stellt die Menge an Primärenergie dar, die zur Deckung des Energiebedarfs in Hessen erforderlich ist. Beim derzeitigen Energiemix ist der



**Abb. 8:** Primärenergieverbrauch (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt / Länderarbeitskreis Energiebilanzen).

Primärenergieverbrauch durch den hohen Anteil fossiler Energieträger an der Energiebereitstellung ein deutlicher Zeiger sowohl für den Verbrauch von Ressourcen als auch für die Verursachung von Treibhausgasemissionen. Als Teilmenge wird auch der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch ausgewiesen. Dieser verdeutlicht den Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourceneinsparung auf dem Gebiet der Energieerzeugung.

#### Definition

a) Primärenergieverbrauch: Der Primärenergieverbrauch ergibt sich als die Summe der Gewinnung von Primärenergieträgern im Bundesland sowie den Bestandsänderungen und dem Saldo von Bezügen und Lieferungen von Primär- und Sekundärenergieträgern. Der dargestellte Primärenergieverbrauch ist noch nicht temperaturbereinigt und basiert auf der Wirkungsgradmethode. Dies bedeutet, dass für Energieträger, für die es keinen Heizwert gibt (z. B. Wasser-, Windkraft und Kernener-

gie), in der Bilanzierung festgelegte Wirkungsgrade verwendet werden (analog zur Bundesbilanz). Danach wird die Kernenergie mit einem Wirkungsgrad von 33 %, Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Geothermie und weitere Energieträger werden mit 100 % bewertet. Beim Stromaustausch wird von einem Heizwert von 3 600 kJ/kWh ausgegangen.

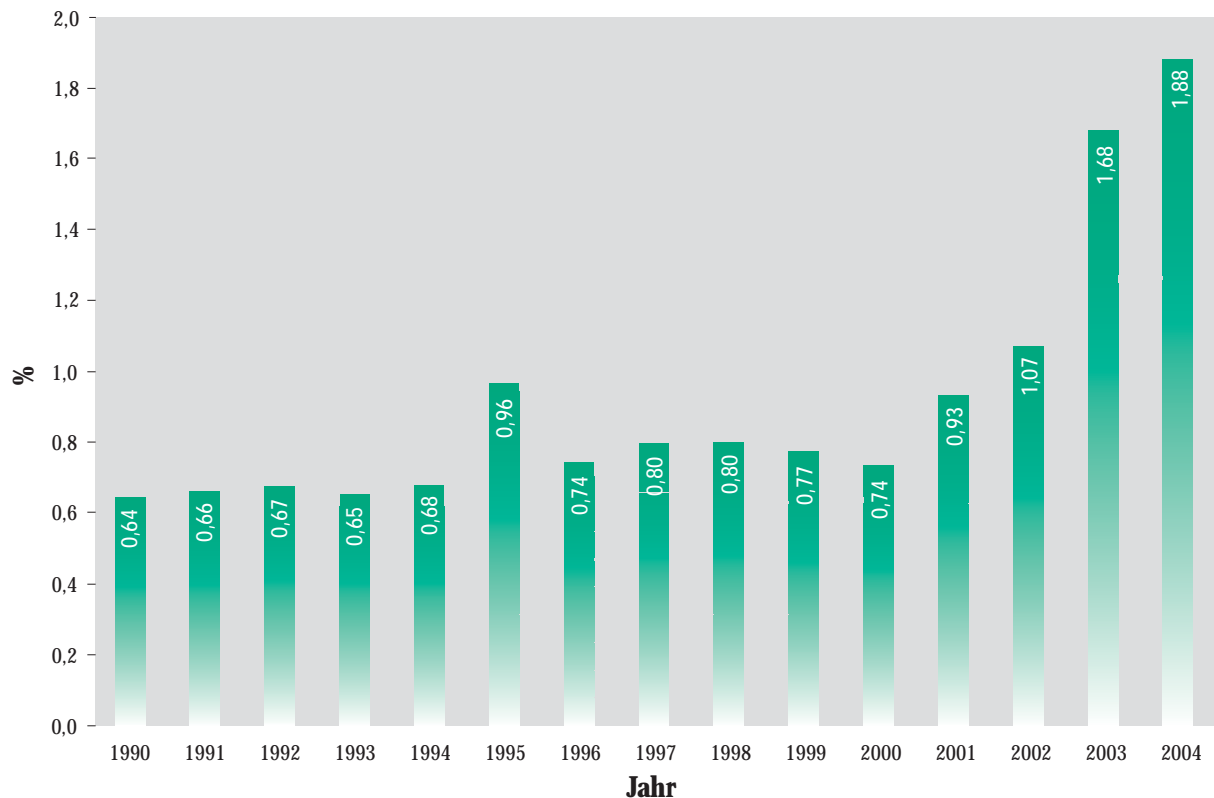
b) Ausgewiesener Anteil regenerativer Energie: Der Anteil erneuerbarer Energieträger wird auf den Primärenergieverbrauch bezogen.

Die Länderdaten werden vom Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen berechnet, die Erhebung der Werte für Deutschland erfolgt durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

#### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Der Primärenergieverbrauch zeigt seit 1990 einen leicht ansteigenden Trend, von 1990 bis 2004 ist





**Abb. 9:** Ausgewiesener Anteil regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt/ Länderarbeitskreis Energiebilanzen).

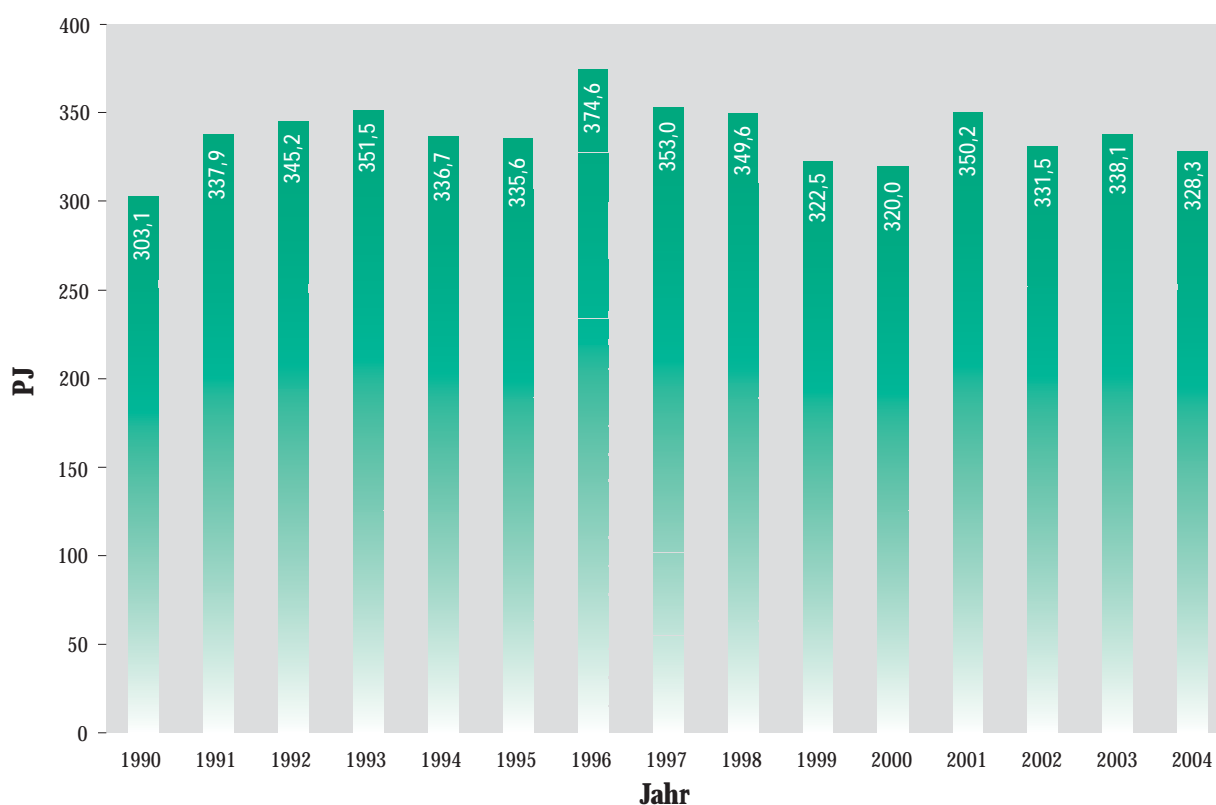
der Verbrauch in Hessen um rund 12 % gestiegen. Auch der ausgewiesene Anteil regenerativer Energieträger am Primärenergieverbrauch steigt seit 1990 beinahe stetig, in 1995 gab es einen einmaligen sprunghaften Anstieg, in den Jahren 1999 und 2000 war ein leichter Einbruch zu verzeichnen. In 2004 lag der Anteil der erneuerbaren Energien jedoch immer noch bei nur 1,88 %, im Ländervergleich bewegt sich Hessen damit im unteren Drittel aller Bundesländer. Bundesweit erreichten die regenerativen Energien in 2002 einen Anteil von 2,7 % am Primärenergieverbrauch (laut Angaben LAK Energiebilanzen).

Der in den letzten Jahren zu verzeichnende stetige Anstieg des Anteils regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch lässt sich u. a. auf das gestiegene Umweltbewusstsein, aber auch auf die mittlerweile vorhandenen einschlägigen Gesetze (z. B. Erneuerbare-Energien-Gesetz, Energieeinspar-

verordnung) sowie gezielte Förderprogramme zurückführen.

#### Weiterentwicklung des Indikators

- Primärenergieverbrauch: Möglichkeiten zur Temperaturbereinigung sind methodisch im LAK Energiebilanzen weitgehend geklärt. Seitens des LAK wurden für die ersten Bundesländer die temperaturbereinigten Länderwerte berechnet und zusätzlich zu den effektiven Verbrauchswerten dargestellt.
- Ausgewiesener Anteil regenerativer Energie: Bei der Darstellung des Anteils regenerativer Energie am Primärenergieverbrauch wird der biogene Anteil des Sektors Abfall einbezogen. Der LAK Energiebilanzen berechnet diesen Anteil ab 2003 (und rückwirkend) gemäß der Annahme, dass das Verhältnis von biogenen zu fossilen Abfällen in der Restmüllfraktion 60:40 beträgt.



**Abb. 10:** Endenergieverbrauch private Haushalte und Kleinverbraucher (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt/Länderarbeitskreis Energiebilanzen).

### 2.1.5 Endenergieverbrauch

#### **Endenergieverbrauch privater Haushalte und Kleinverbraucher**

Gesamt-Endenergieverbrauch des Energiesektors private Haushalte und Kleinverbraucher (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher)

#### **Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

Der Endenergieverbrauch (das ist die Energie, die den Endverbrauchern nach der Umwandlung der Primärenergieträger zur Verfügung steht) ist gegliedert nach den Sektoren Industrie, Haushalte, Handel – Gewerbe – Dienstleistungen, Straßenverkehr und übriger Verkehr. Der Endenergieverbrauch der Sektoren ist in den letzten Jahrzehnten durch erhebliche Veränderungen gekennzeichnet. Deutlich zugenommen hat der Anteil der privaten Haushalte (bundesweit von etwa einem Viertel im Jahr 1990

auf 30 % im Jahr 2003) und ist nun von der Größenordnung her etwa vergleichbar mit dem Sektor Industrie. Damit tragen private Haushalte beträchtlich zu energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Trotz der Unschärfen, die sich aus den unterschiedlichen Erhebungsmethoden für leitungsgebundene (Strom, Gas, Fernwärme) und nicht leitungsgebundene Energieträger (Kohle, Öl) ergeben, kann der Indikator Entwicklungstendenzen deutlich machen.

#### **Definition**

Der Endenergieverbrauch privater Haushalte und Kleinverbraucher ist Bestandteil der Energiebilanz; die Berechnungen erfolgen auf der Grundlage einer im Länderarbeitskreis Energiebilanzen abgestimmten Methodik. Die Verbrauchergruppe private Haushalte und Kleinverbraucher

cher beinhaltet neben den Haushalten die Bereiche Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und übrige Verbraucher. Hierunter fallen Gewerbebetriebe mit im Allgemeinen weniger als 20 Beschäftigten (soweit nicht im verarbeitenden Gewerbe erfasst), Geschäftsgebäude und Räume gewerblicher Art, Landwirtschaft, Handelsunternehmen, private und öffentliche Dienstleistungen und Einrichtungen, also beispielsweise auch Banken, Versicherungen, Krankenhäuser, Behörden. In der Energiebilanz werden die Lieferungen an diese Verbrauchergruppe dem Endenergieverbrauch gleichgesetzt.

Der Indikator beinhaltet den Energieverbrauch der Energieträger Kohlen, Mineralöle, Gase, erneuerbare Energien, Strom und Fernwärme; dargestellt wird er in Petajoule ( $10^{15}$  J) pro Jahr [PJ/a]. Der LAK Energiebilanzen stellt jährliche Daten ab 1990 zur Verfügung.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die Höhe des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte und Kleinverbraucher schwankt in Hessen

seit 1990 in einer Größenordnung von knapp über 300 bis 375 PJ/a. Nach einem Maximum im Jahr 1996 verläuft die weitere Entwicklung schwankend, so dass keine eindeutige Tendaussage möglich ist.

Der Anteil der privaten Haushalte am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte und Kleinverbraucher lag in Hessen 2002 bei ca. 63 %. Nach einer Studie<sup>1</sup> des Wuppertal-Instituts für Klima, Umwelt, Energie existieren bei den privaten Haushalten große Einsparpotentiale vor allem in der Wärmebereitstellung, die in diesem Sektor sowohl beim Strom- als auch beim Brennstoffverbrauch den größten Anteil ausmacht. Sie haben aber auch ein großes Senkungspotential durch eine verbesserte Energieeffizienz auf der Nachfrageseite (Endenergieeffizienz) oder durch die Möglichkeit, auf emissionsärmere Energieträger umzusteigen.

### Weiterentwicklung des Indikators

Die AG UGRdL hat ein Rechenverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe der Teil des Endenergieverbrauchs bestimmt werden kann, der ausschließlich von den privaten Haushalten verursacht wird, so dass zukünftig diese Teilmenge für Hessen ausgewiesen wird.

## 2.2 Umweltverträgliche Mobilität

### 2.2.1 Kohlendioxidemissionen des Verkehrs

#### Kohlendioxidemissionen des Verkehrs

Jährlich emittierte Kohlendioxidmenge des Straßen-, Luft-, Schienen- sowie des Binnenschiffverkehrs

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Der Verkehrssektor gilt in Deutschland, aber auch auf Ebene der Bundesländer, neben den Haushalten als größter Endenergieverbraucher mit einem steigenden Anteil an den anthropogen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Klimarelevante CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch prognostizierte Zunahmen der Verkehrs-

mengen verursacht werden, können nur teilweise durch technische Einsparmöglichkeiten ausgeglichen werden. Problematisch ist aufgrund der Emissionsmengen und der Entwicklungsdynamik der Straßen- und Luftverkehr. Die Ausweisung von Daten gemäß Verursacherbilanz und nach Verkehrssektoren ermöglicht eine Identifizierung und maßnahmenbezogene Beobachtung dieser Bereiche. Eine Minderung muss aus Vorsorgegründen erfolgen.

#### Definition

Die jährliche Bilanzierung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt nach einer im Länderar-

<sup>1</sup> „Optionen und Potentiale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Wuppertal, Mai 2006

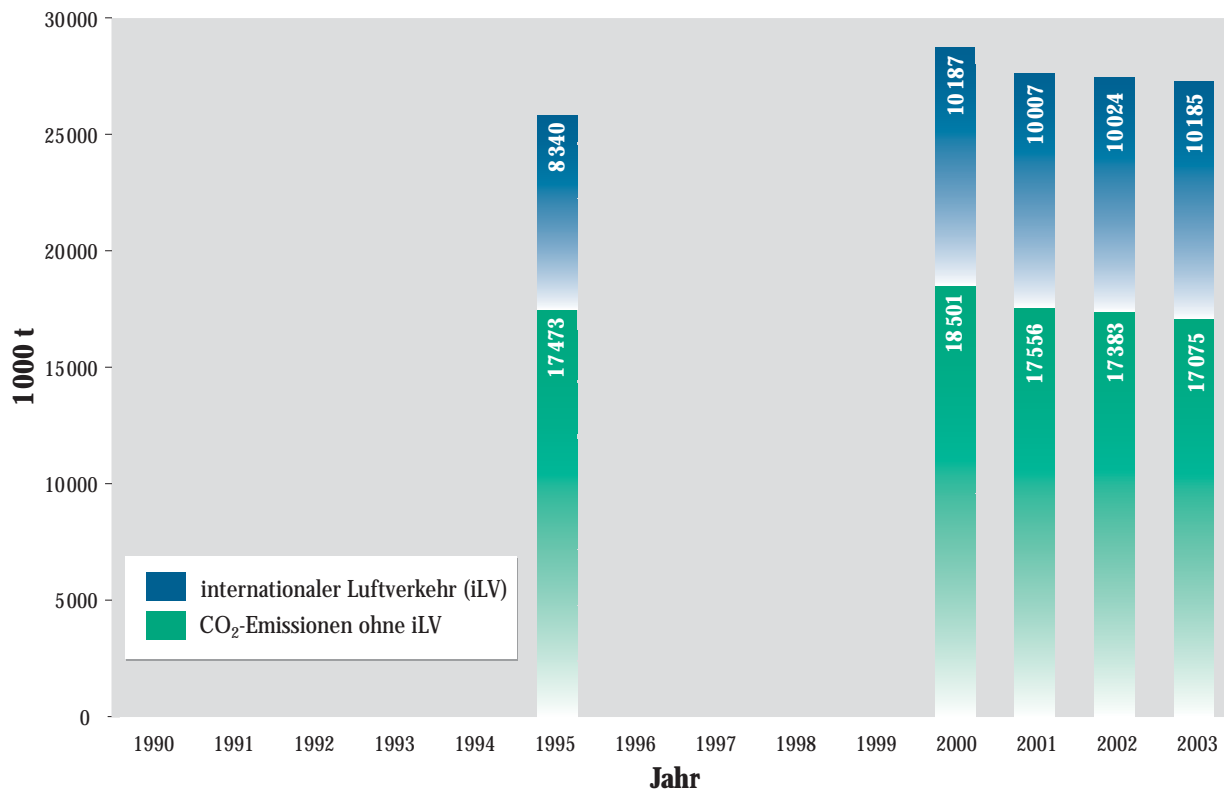
beitskreis Energiebilanzen abgestimmten einheitlichen Methodik. Die in der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung verwendete Verursacherbilanz ordnet die CO<sub>2</sub>-Emissionen unter anderem dem verursachenden Endverbrauchersektor Verkehr zu. Der einer Bilanzierung zugrunde liegende Energieverbrauch des Verkehrs (Verbrauch für Fahrleistungen) gliedert sich in die Sektoren Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr und Binnenschifffahrt. Die Angaben der Energiebilanz beruhen im Allgemeinen auf Statistiken über die Lieferungen von Brennstoffen und Energieträgern an diese Verbrauchergruppen.

Das Hessische Statistische Landesamt berechnet die Daten (Verursacherbilanz) nach der Methode des LAK Energiebilanzen. Dargestellt werden die emittierten Tonnen Kohlendioxid pro Jahr als absolute Emissionsmenge. Für Hessen werden 80 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Sektors Luftverkehr dem internationalen Luftverkehr zugerechnet (s. 2.1.1) und gesondert dargestellt.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Derzeit sind nur Daten für die Jahre 1995 und 2000–2003 verfügbar. Die Emissionen des Sektors Verkehr (inklusive internationaler Luftverkehr) sind von 1995 bis 2000 um 11 % angestiegen, für die Folgejahre bis 2003 ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Verglichen mit den Kohlendioxid-Gesamtemissionen (siehe Indikator Kohlendioxidemissionen), die bereits seit 1996 eine leicht rückläufige Tendenz zeigen, unterscheidet sich die Entwicklung beim Indikator Kohlendioxidemissionen des Verkehrs.

Bestimmend für die Höhe der Kohlendioxidemissionen des Sektors Verkehr sind Straßen- und Luftverkehr, die für rund 99 % der Emissionen des gesamten Sektors verantwortlich sind. Trotz des jüngsten abnehmenden Trends kann das technische Einsparpotential bei einer weiteren Zunahme des Verkehrs nur einen Teil der klimarelevanten Kohlendioxidemissionen ausgleichen.



**Abb. 11:** CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs – Schienen-, Straßenverkehr, Binnenschifffahrt, Luftverkehr (Verursacherbilanz) (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).

## 2.3 Flächennutzung, Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz

### 2.3.1 Flächenverbrauch – Siedlungs- und Verkehrsfläche

#### Flächenverbrauch – Siedlungs- und Verkehrsfläche

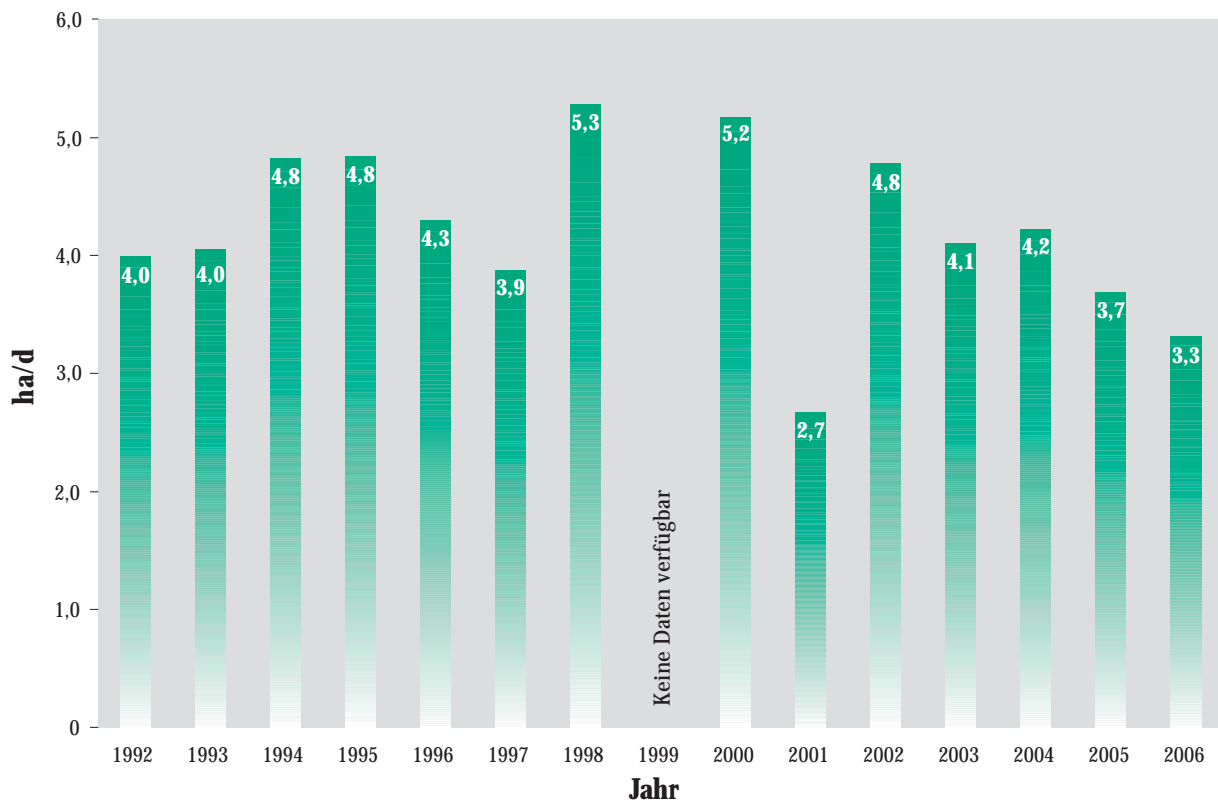
Tägliche Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen

##### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Der Boden ist die natürliche und unentbehrliche Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen. Er ist kaum regenerierbar und steht als endliche Ressource nur begrenzt zur Verfügung. Flächeninanspruchnahme und -zerschneidung für die Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung, die zumindest zum Teil mit einer Versiegelung einhergehen, beeinträchtigen oder zerstören die Funktionen des Bodens z. B. als Lebensraum, Wasserfilter und -speicher.

Der Flächenverbrauch steht als hoch aggregierter Schlüsselindikator für die Nachhaltigkeit der Raum-

nutzung. Die betrachtete Flächeninanspruchnahme beinhaltet die Umnutzung von unversiegelten Freiflächen (i. d. R. landwirtschaftlich genutzten Flächen) in Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV). Dabei gehen ökologische Funktionen des Bodens (Filter-, Pufferfunktion, Retentionsvermögen) ebenso wie Lebensräume für Flora und Fauna verloren. Die Flächeninanspruchnahme kann darüber hinaus verbunden sein mit der Abnahme der Siedlungsdichte, einer Zunahme des Verkehrsaufkommens und des Energieverbrauchs und dem kostenträchtigen Ausbau von Infrastruktur. Der Indikator indiziert daher auch Belastungspotentiale, die über die in Anspruch genommenen Flächen hinausgehen. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist nicht gleichzusetzen mit der versiegelten Fläche. Untersuchungen gehen davon aus, dass tatsächlich etwa 35 bis 63 % der ausgewiesenen Siedlungs- und Verkehrsflächen versiegelt sind.



**Abb. 12:** Flächenverbrauch – Tägliche Inanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt (HSL/Liegenschaftskataster).

Die tägliche Flächeninanspruchnahme ist eine sehr anschauliche und inzwischen weithin bekannte Größe. Bei vergleichenden Darstellungen ist eine Normierung auf eine geeignete Bezugsgröße vorzunehmen, für Ländervergleiche beispielsweise auf den Anteil von SuV an der Landesfläche (der UMK-Indikator wird daher durch diesen Teilindikator ergänzt). In Hessen nehmen die Siedlungs- und Verkehrsflächen derzeit 15,3 % der Landesfläche ein. Nach einer abgestimmten Berechnung der Bundesländer-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz beläuft sich der Anteil der tatsächlich versiegelten Fläche an der SuV in Hessen auf 46,7 %.

#### Definition

Die tägliche zusätzliche Inanspruchnahme von Bodenflächen für Siedlungs- und Verkehrsflächen in Hektar pro Tag [ha/d] wird errechnet, indem der jährliche Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen durch 365 (Tage pro Jahr) geteilt wird. Als Siedlungs- und Verkehrsflächen werden folgende Flächen berücksichtigt: Gebäude- und Freiflächen, Betriebsflächen (ohne Abauflächen), Erholungsflächen inklusive Grünanlagen, Straßen, Wege, Plätze und sonstige dem Verkehr dienenden Flächen sowie Friedhofsflächen.

Die jährlichen Daten werden vom Hessischen Statistischen Landesamt geführt. Grundlage ist die Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, die auf den Angaben des Automatisierten Liegenschaftsbuchs basiert, mit Stichtag 31.12. des angegebenen Jahres. Die AG UGRdL führt die Daten zur SuV für alle Bundesländer.

#### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen an der Landesfläche Hessens ist seit 1992 ständig gestiegen, von gut 14 % in 1992 auf inzwischen über 15 % in 2006 mit einer tatsächlichen Versiegelung dieser Flächen von 46,7 %. Die tägliche zusätzliche Inanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke schwankt im Betrachtungszeitraum

zwischen 2,7 ha/d im Jahr 2001 und 5,3 ha/d im Jahr 1998. Der teilweise nahezu sprunghafte Verlauf lässt keine zuverlässigen Trendaussagen zu.

Bundesweit lag die tägliche zusätzliche Inanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr 2001 bei 130 ha, 2003 bei 105 ha – der Rückgang wird auf einen Einbruch in der Baukonjunktur zurückgeführt<sup>2</sup>. Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie gibt das anspruchsvolle Ziel vor, den bundesweiten Flächenverbrauch bis 2020 auf 30 ha pro Tag zu senken, bis 2050 soll eine zusätzliche Flächeninanspruchnahme vollständig vermieden werden.

#### 2.3.2 Landschaftszerschneidung

##### Landschaftszerschneidung

- a) Effektive Maschenweite ( $M_{\text{eff}}$ )
- b) Anteil der unzerschnittenen verkehrarmen Räume (UZVR) über 100 km<sup>2</sup> an der Landesfläche

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Für die Erholung des Menschen und die Erhaltung der Artenvielfalt der Natur ist die Zerschneidung der Landschaft so gering wie möglich zu halten. Die Ausweisung neuer Bauflächen für Gewerbe und Wohnen, der Neu- und Ausbau von Straßen und anderer Infrastruktur sowie der stetig wachsende Verkehr führen zum Verlust, zur Verkleinerung und zunehmenden Zerschneidung der Lebensräume. Die anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen der Infrastruktur tragen zunehmend zur Gefährdung von Tierarten und ihren Lebensräumen bei. Insbesondere für Tierarten mit hohem Raumbedarf und großem Aktionsradius sind große unzerschnittene Lebensräume unabdingbar. Diese sind eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt. Auch für das Naturerleben der Menschen und die Erholungsqualität ist es wichtig, Räume zu erhalten, die großflächig unzerschnitten und nicht verlärmert sind. Räume mit geringer Zersiedelung, Zerschneidung und Verlärmung stellen eine endliche Ressource dar. Ein niedriger Zerschneidungsgrad der Landschaft bzw. große unzerschnittene Räume sind

<sup>2</sup> „Mehr Wert für die Fläche: Das „Ziel-30-ha“ für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land“, Rat für Nachhaltige Entwicklung, Texte Nr. 11, Juli 2004

deshalb wesentliche Prüfsteine für eine nachhaltige Entwicklung. Der Indikator, der neben großen unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen (UZVR) die sogenannte effektive Maschenweite ( $M_{\text{eff}}$ ) erfasst, ermöglicht Aussagen für die Bereiche Biodiversität, Erholungsqualität und Landschaftsbild. Seine praktische Bedeutung hat der Indikator für die Landes- und Regionalplanung, die Beurteilung von Landschaftseingriffen und den Natur- und Artenschutz.

Ziel des Indikators ist es, die Entwicklung der Landschaftszerschneidung für die gesamte Landesfläche angemessen abzubilden. Um sowohl die gesamte Landesfläche als auch die besonders großen unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) angemessen zu berücksichtigen, besteht der Indikator Landschaftszerschneidung aus zwei Teilen: der Angabe der effektiven Maschenweite und dem Anteil der UZVR über 100 km<sup>2</sup> an der Landesfläche. Der Vorteil dieser Zweiteilung besteht in der Abbildung spezifischer Zerschneidungsaspekte eines Landes.

**Definition**

a) Der Teilindikator der effektiven Maschenweite ( $M_{\text{eff}}$ ) misst das Ausmaß der Zerschneidung der Landschaft durch technische Elemente, von denen Störungen für wild lebende Tiere sowie für Naturerleben und Erholungseignung ausgehen. Die effektive Maschenweite geht von dem Grundgedanken aus, dass zwei beliebig ausgewählte Punkte, die in einem Gebiet liegen, nach der Zerschneidung des Gebietes immer noch gemeinsam in derselben Fläche liegen. Diese Wahrscheinlichkeit wird in die Größe einer Fläche, die effektive Maschenweite, umgerechnet und in km<sup>2</sup> angegeben (nach der Methode von JAEGER).

Die effektive Maschenweite ist ein errechneter Mittelwert für die „Maschengröße“ der Flächen, die neben der Größe aller Teilräume auch die Struktur der Zerschneidung des gesamten betrachteten Raums berücksichtigt und eine flächendeckende Aussage zu den verbleibenden Flächen zulässt. Die Elemente, die die Landschaft zerschneiden, sind bundesweit abgestimmt. Berücksichtigt werden:

- alle Straßen ab einer Verkehrsstärke von 1000 Kfz/24 h
- zweigleisige Bahnstrecken und eingleisige elektrifizierte, nicht stillgelegte Bahnstrecken

- Ortslagen
- Flughäfen
- Kanäle mit dem Status einer Bundeswasserstraße der Kategorie IV oder größer.

Bei Straßen und Bahnlinien werden Tunnel ab einer Länge von 1000 m als Unterbrechung berücksichtigt. Für Hessen werden Brücken, Tunnel (größer 70 m) und Querungshilfen als Symbol aufgenommen; sie werden jedoch nicht entscheidend gewertet. Sämtliche Werte werden für Hessen auf Grundlage des Digitalen Landschaftsmodells im Maßstab 1 : 25 000 (DLM 25) (Daten für die Bundesländer DLM 250 vom Bundesamt für Naturschutz (BfN)) sowie den Verkehrsmengendaten des Landes Hessen, die vom Hessischen Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen bereitgestellt werden, errechnet.

b) Der Teilindikator unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km<sup>2</sup> (UZVR) gibt die Anzahl der Räume an. Für Hessen, das bereits stark fragmentiert ist, werden zusätzlich auch Flächen größer 50 km<sup>2</sup> angegeben. Damit werden besonders schutzwürdige Flächen anschaulich und leicht vermittelbar dargestellt.

In Abhängigkeit von der Verkehrsmengenzählung kann der Indikator alle fünf Jahre berechnet werden. Effektive Maschenweite und UZVR für das Jahr 2000:

Effektive Maschenweite ( $M_{\text{eff}}$ )	Anzahl UZVR > 50 km <sup>2</sup>	Anzahl UZVR > 100 km <sup>2</sup>	Größe der größten unzerschnittenen Fläche
32,32 km <sup>2</sup>	62	12	174,0 km <sup>2</sup>

Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

**Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Die effektive Maschenweite für Hessen liegt für das Jahr 2000 bei 32,23 km<sup>2</sup>. Flächen über 100 km<sup>2</sup> gibt es in Hessen nur noch 12. Mit 7,48 % (DLM 25) liegt Hessen deutlich unter dem Durchschnitt des Bundesgebietes. Umso wichtiger ist deshalb die Betrachtung der Gesamtlandesfläche mit der  $M_{\text{eff}}$ . Auch hier liegt Hessen unter dem Bundesdurchschnitt von 83,75 km<sup>2</sup> (Abweichungen der Berechnungen für alle Bundesländer und der gesonderten hessischen Berechnung begründen sich aus den un-

terschiedlichen Maßstäben und den grenzüberschreitenden UZVR). In ganz Deutschland existieren noch 562 solcher UZVR über 100 km<sup>2</sup> mit einem Prozentanteil an der Landesfläche von 26,45 % (Stand Juni 2007, Berechnungen des BfN). Für Hessen ist aus dem Kartenbild (siehe [www.atlas.umwelt.hessen.de](http://www.atlas.umwelt.hessen.de)) deutlich abzulesen, dass weite Teile des Landes bereits einen sehr hohen Zerschneidungsgrad erreicht haben.

Nach der bundesweit einheitlichen Berechnung liegt für Hessen erst ein Zeitschnitt vor. Es steht jedoch nach einer leicht abweichenden Zerschneidungsgeometrie eine historische Rückrechnung der effektiven Maschenweite für Hessen zur Verfügung, die Aussagen für einen längeren Zeitraum zulässt. Diese Rückrechnung umfasst den Zeitraum 1930–2002 ([www.hlug.de/medien/nachhaltigkeit/dokumente/Roedenbeck\\_BerichtHistorie.pdf](http://www.hlug.de/medien/nachhaltigkeit/dokumente/Roedenbeck_BerichtHistorie.pdf)). Hier ist eine deutliche Abnahme der effektiven Maschenweite für Hessen abzulesen, d. h. Hessens Fläche ist seit 1930

zunehmend durch Verkehrswege und Siedlungen zerschnitten und fragmentiert worden (vgl. hierzu auch ESSWEIN 2006 und JAEGER et al. 2004).

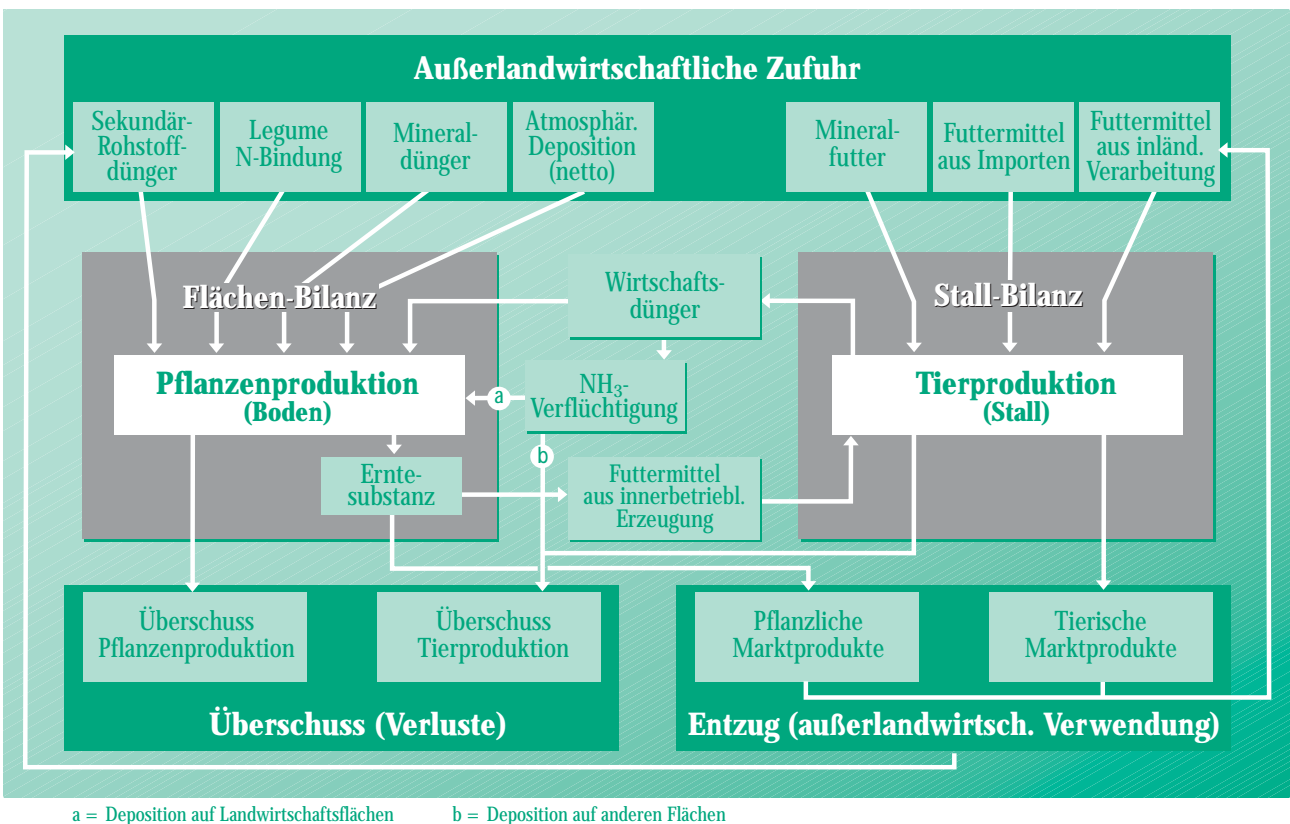
### 2.3.3 Stickstoffüberschuss

#### Stickstoffüberschuss (Flächenbilanz)

Stickstoffüberschüsse der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Ein wichtiger Gradmesser für die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft insgesamt ist der Stickstoffüberschuss. Stickstoff wird in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt und kann – soweit er nicht von den Nutzpflanzen aufgenommen wird – auf verschiedenen Wegen (Luft, Boden, Wasser) in die Umwelt gelangen. Dort kann der zusätzliche Stickstoff



**Abb. 13:** Fließschema der Stickstoffflüsse der Landwirtschaft (Quelle: PARKOM-Richtlinie). Die Flächenbilanz der Länder und des Bundes entspricht dem linken Bereich „Pflanzenproduktion (Boden)“. Für den Bund wird zusätzlich die Gesamtbilanz gebildet (Zufuhr–Entzug= Überschuss).



eintrag weitreichende Auswirkungen auf den Naturhaushalt haben, u. a. Versauerung, Eutrophierung, Nitratbelastung des Grundwassers, Belastung der Oberflächengewässer und Meere, Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt. Für die Trinkwassergewinnung in Hessen hat die Vermeidung möglicher Stickstoffeinträge ins Grundwasser erhebliche Bedeutung, da 95,2 % des bereitgestellten Trinkwassers aus dem Grundwasser stammen.

#### Definition

Für die Berechnung steht die sogenannte Flächenbilanz zur Verfügung, die vom UBA für die Bundesländer einheitlich berechnet wird. Bei dieser Bilanzierungsmethode werden die Stickstoff-Flüsse zu und von der landwirtschaftlichen Nutzfläche betrachtet. Auf die Fläche gelangen: Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Sekundärrohstoffdünger, atmosphärische Einträge (netto) und die legume N-Bindung (Stickstoffbindung durch Leguminosen). Der mit der Ernte entzogene Stickstoff wird subtrahiert. Nicht berücksichtigt werden die Stickstoff-Verluste an

die Atmosphäre aus den Ställen und bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern sowie die Stickstoffdynamik (Mobilisierung und Immobilisierung) im Boden. Die Gesamtbilanz setzt sich zusammen aus den Überschüssen der Flächenbilanz und den genannten Verlusten an die Atmosphäre. Aus dem voranstehenden Schema wird deutlich, dass der beschriebene Indikator den linken Teil des Schaubilds (Abb. 13) berechnet.

Alle Mengenangaben über Zufuhr und Entzug von Produkten sind mit wenigen Ausnahmen dem „Statistischen Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten“ (BMELV) und dem Statistischen Jahrbuch für die BRD (Statistisches Bundesamt) zu entnehmen. Der Stickstoffüberschuss wird dargestellt in kg/ha.

#### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die Zeitreihe für die Stickstoffüberschüsse in kg/ha schwankt seit 1990 erheblich und lässt keine ein-

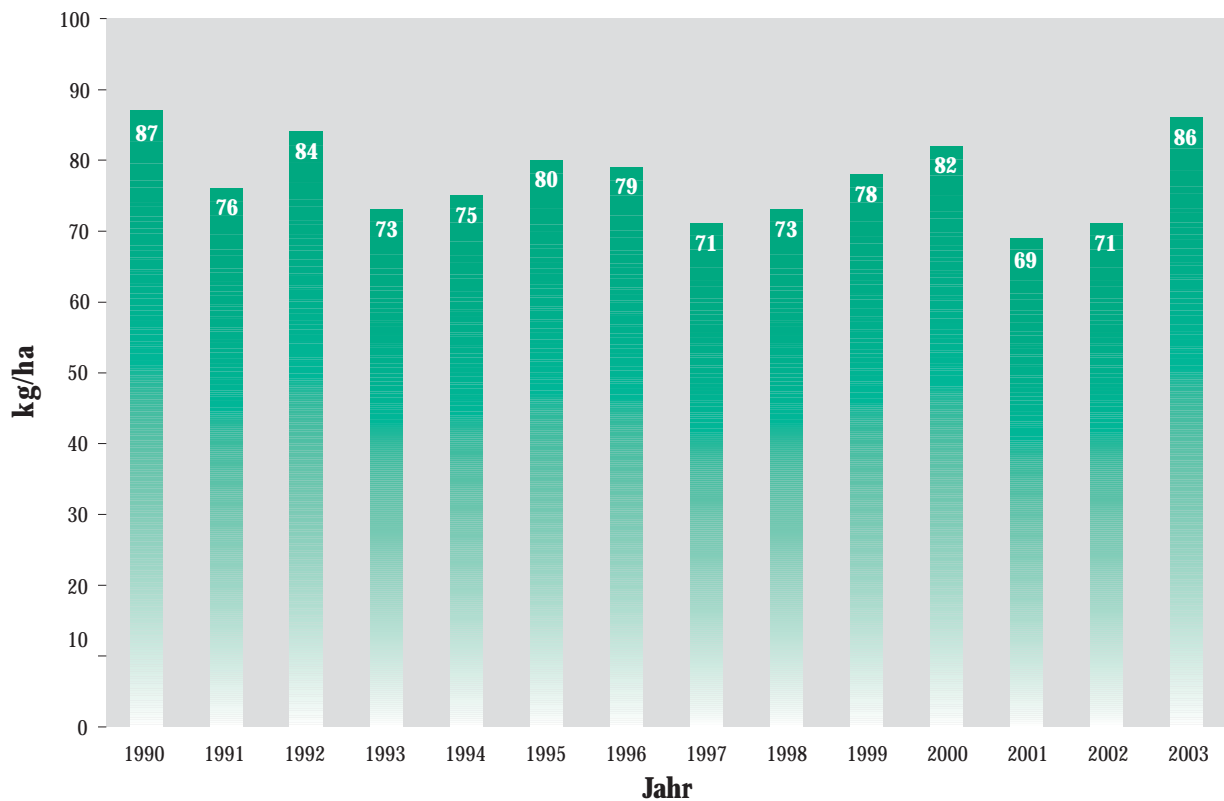


Abb. 14: Flächenbilanz Stickstoffüberschuss (Datenquelle: Umweltbundesamt).

deutige Entwicklung erkennen. Der höchste Überschuss-Wert seit Beginn der Betrachtungen aus dem Jahr 1990 mit 87 kg/ha wurde 2003 mit 86 kg/ha fast wieder erreicht. 2001 ergab sich der geringste Stickstoffüberschuss mit 69 kg/ha.

Da die Überschuss-Bilanzen immer auch ein Spiegelbild der aktuellen Witterungs- und Wachstumssituation darstellen, kann extreme Trockenheit einen höheren Überschuss begründen, da sich die Stickstoffgaben am standortspezifischen Ertragspotential bei ausreichenden Niederschlägen orientieren. So muss der relativ hohe Überschuss im Jahr 2003 in Zusammenhang mit der extremen Trockenheit dieses Jahres gesehen werden. Darüber hinaus ist bei der Interpretation der Datenreihe zu beachten, dass nicht der gesamte eingesetzte Stickstoff, wenn er in

Höhe des Bedarfs aufgebracht wird, von der Pflanze auch vollständig aufgenommen werden muss. Es muss unterschieden werden zwischen Gesamt-Stickstoff und pflanzenverfügbarem Stickstoff. Durch eine fruchtfolgenbezogene Düngung u. a. mit Kompost oder Klärschlamm (das heißt, eine im Turnus von z. B. drei Jahren wiederkehrende Düngemaßnahme) kann die Bilanz im Anwendungsjahr einen hohen Überschuss aufweisen, weil der organische Stickstoff nicht düngewirksam ist.

#### Weiterentwicklung des Indikators

Eine mit den Bundesländern abgestimmte Weiterentwicklung und Vereinheitlichung der Erfassungsmethodik des Indikators wird angestrebt.

## 2.4 Ressourcennutzung

### 2.4.1 Abfall und Verwertung – Siedlungsabfälle

#### **Abfall und Verwertung – Siedlungsabfälle**

- a) Aufkommen an ausgewählten Siedlungsabfällen
- b) Anteile zur Verwertung

#### **Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

Das Abfallaufkommen ist ein wichtiger Indikator für den Umgang mit Ressourcen, die ökologische Ausrichtung von Produktion und Konsum und die Belastung der Umwelt. Zur Ressourcenschonung bzw. -effizienz sind Abfälle nach den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft vorrangig zu vermeiden, insbesondere durch die Verminderung ihrer Menge und Schädlichkeit, in zweiter Linie stofflich zu verwerten oder zur Gewinnung von Energie zu nutzen (siehe § 4 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, KrW-/AbfG). Die Verwertung von Abfällen muss ordnungsgemäß und schadlos erfolgen sowie technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar sein. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn für einen gewonnenen Stoff oder gewonnene Energie ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann. Erst wenn diese Möglichkeiten ausgeschöpft sind, sind die Abfälle umweltverträglich zu beseitigen.

In der gesamten Abfallwirtschaft haben sich die Strukturen in den letzten Jahren grundlegend gewandelt, gerade bei der Erfassung und Entsorgung von Abfällen. Im Bereich der Siedlungsabfälle waren zunächst ausschließlich die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, also die jeweiligen Kommunen und Kreise, für die Sammlung und Entsorgung des gesamten Siedlungsabfalls entsprechend ihren regionalen Zuständigkeiten verantwortlich. Mit der zunehmenden Privatisierung von Teilen der Entsorgungswirtschaft werden bei den Siedlungsabfällen immer häufiger verwertbare Teilmengen nicht mehr den Anlagen der zuständigen Gebietskörperschaften angedient. Diese Abfälle finden deshalb keinen Eingang in die Bilanzen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Zudem unterscheiden sich die Sammel-systeme in den Gebietskörperschaften, so dass nicht überall von vergleichbaren Erfassungsquoten für die jeweiligen Abfallfraktionen ausgegangen werden kann. Glas und Papier werden beispielsweise teilweise über Hol-, teilweise über Bringsysteme gesammelt. Insgesamt können die Mengenentwicklung und die Verwertungsrate der Siedlungsabfälle dennoch als Zeiger für das Konsumverhalten der Bevölkerung wie auch für die Wirksamkeit von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen (Vermeidung, Verwertung) dienen. Die aufgeführten Unwägbarkeiten soll-

ten aber Berücksichtigung bei der Interpretation der Daten finden.

**Definition**

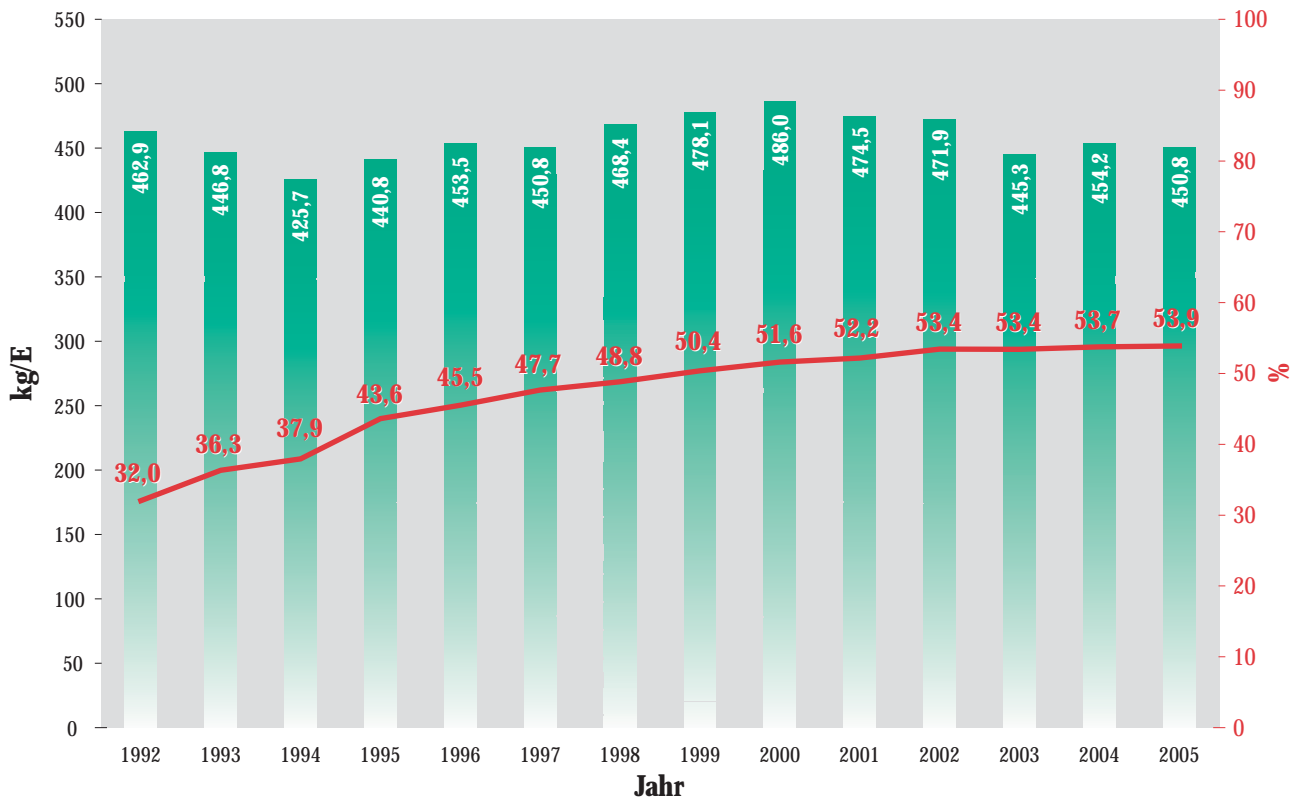
Dargestellt werden die Abfälle aus Haushalten und Kleingewerbe, die im Rahmen der öffentlichen (hier: kommunalen und dualen) Abfallentsorgung erfasst und jährlich in der Abfallmengenbilanz zusammengefasst werden. Die erfassten Fraktionen sind:

- Hausmüll
- Sperrmüll
- Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)
- Behälterglas
- Leichtverpackungen
- Bioabfall

- a) Die Summe aller Fraktionen ergibt das Siedlungsabfallaufkommen, dargestellt als einwohnerspezifische Größe [kg/E].
- b) Der Quotient aus der Summe der Wertstofffraktionen und dem Siedlungsabfallaufkommen ergibt die Verwertungsrate [%].

**Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Das einwohnerspezifische Abfallaufkommen liegt für den gesamten Betrachtungszeitraum auf etwa gleichem Niveau. Der niedrigste Wert der Zeitreihe mit 425,7 kg/E wurde im Jahr 1994 ermittelt, der höchste Wert mit 486,0 kg/E im Jahr 2000. Maximal- und Minimalwert differieren um weniger als 15 %. Die Verwertungsrate ist seit 1992 stark angestiegen, von zunächst 32 % auf fast 54 % in 2005. Seit etwa 2000 bewegt sich die Verwertungsrate auf relativ hohem Niveau mit nur noch leichtem Anstieg. Bei Betrachtung der Absolutmengen der einzelnen Fraktionen wird deutlich, dass Verwertungswege ausgebaut und verbraucherfreundlicher gestaltet wurden. Die verwerteten Fraktionen (Bioabfälle, PPK, Behälterglas, Leichtverpackungen) haben stetig zugenommen – von 0,9 Mio. t im Jahr 1992 auf 1,5 Mio. t in 2005 –, die zu beseitigende Hausmüllmenge dagegen ist im gleichen Zeitraum in der Folge um etwa 0,5 Mio. t gesunken.



**Abb. 15:** Abfall und Verwertung – Siedlungsabfallaufkommen und Verwertungsrate (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Abfallmengenbilanzen).

Die jährlichen Schwankungen des einwohnerspezifischen Abfallaufkommens können eventuell auf ein verändertes Konsumverhalten der Bevölkerung zurückgehen. Unter Umständen sind sie auch auf eine unterschiedliche Qualität bei der Datenerfassung zurückzuführen, je nachdem, ob die Entsorgung der erfassten Fraktionen in öffentlicher oder privater Hand liegt.

### Weiterentwicklung des Indikators

Eine Beschränkung auf Hausmüll und Sperrmüll als eindeutig konsumbedingte Abfallfraktionen und die Erfassung der Ablagerung ausgewählter Siedlungsabfälle auf Deponieklasse II ist beabsichtigt.

#### 2.4.2 Abfall und Verwertung – gefährliche Abfälle

##### **Abfall und Verwertung – gefährliche Abfälle aus Industrie und Gewerbe**

- a) Aufkommen an gefährlichen Abfällen
- b) Anteile zur Verwertung

Ein beständig hoher Verbrauch an Ressourcen (z. B. Rohstoffe, Energie), deren zu wenig effiziente Nutzung bei wirtschaftlichen Aktivitäten und nicht optimierte Stoffkreisläufe können bei gleichzeitig zu geringer Substitutions- oder Regenerationsrate zu Ressourcenmangel führen. Zudem sind mit der Entsorgung von Abfällen (Verwertung, Beseitigung, Transport), der Herstellung und der Verteilung der vorausgegangenen Produkte Stofffreisetzungen in die Umweltmedien verbunden. Gefährliche Abfälle können aufgrund ihrer Art, Beschaffenheit und Menge im Vergleich zu anderen Abfällen in besonderem Maß gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosiv oder brennbar sein oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten. Bei ihrer Entsorgung muss daher besondere Sorgfalt walten. Erzeuger, Beförderer und Entsorger von gefährlichen Abfällen sind nach Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz zur Führung eines Nachweisbuches verpflichtet. Der Begleitschein dient zum Nachweis der durchgeführten Entsorgung. Jeder an dem Entsorgungsvorgang Beteiligte (Erzeuger, Beförderer, Entsorger, ggf. weitere Beförderer und Betreiber von Zwischenlagern) unterschreibt den Begleitschein nach Übernahme des Abfalls. Die zuständige Behörde erhält Ausfertigungen der Begleitscheine und ist verpflichtet, diese zu prüfen.

Die Höhe des Aufkommens an gefährlichen Abfällen kann als Maß dafür dienen, inwieweit es – abgesehen von unter anderem konjunkturellen Veränderungen – gelungen ist, die Entstehung von Abfällen mit einem besonders hohen Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt in Produktionsprozessen zu vermeiden.

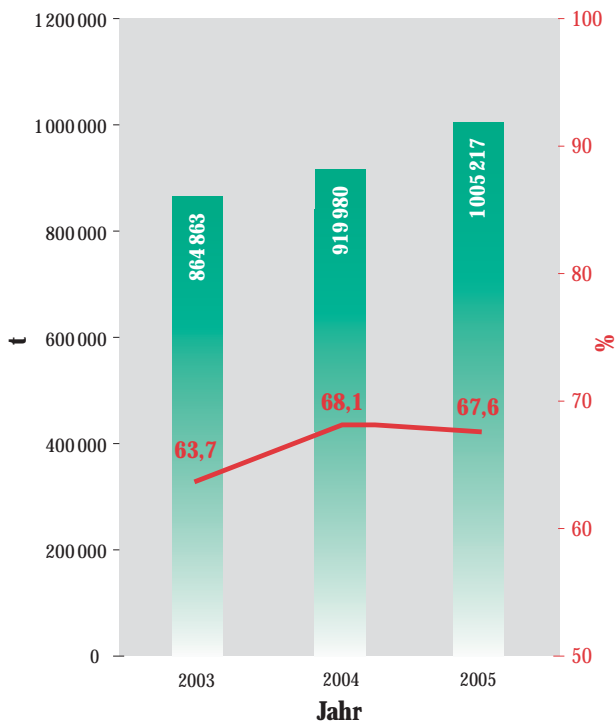
##### **Definition**

Dargestellt werden in Abgrenzung zu den Siedlungsabfällen die gefährlichen Abfälle zur Verwertung und Beseitigung (früher: besonders überwachungsbedürftige Abfälle), die im industriellen Bereich anfallen und jährlich in der Abfallmengenbilanz des Landes Hessen dargestellt werden. Art und Menge der gefährlichen Abfälle werden anhand der Angaben in den durch die zuständigen Behörden erfassten Begleitscheinen ermittelt. Von der Erfassung ausgenommen sind die gefährlichen Abfälle, für die die Nachweispflicht gemäß §§ 44 und 47 KrW-/AbfG entfällt, sowie die Mengen, die im Rahmen der freiwilligen Rücknahme von Firmen gemäß § 25 KrW-/AbfG zurückgenommen werden. Für den Indikator nicht berücksichtigt werden die Anteile von Bauschutt und Erdaushub an den gefährlichen Abfällen, da sie historischen Ursprungs sind (Altlastensanierung, Abbruch älterer Gebäude) und keinen relevanten Bezug zum aktuellen abfallwirtschaftlichen Geschehen haben.

- a) Dargestellt werden die in Hessen erfassten gefährlichen Abfälle ohne Bauschutt und Erdaushub ab 2003 in Tonnen pro Jahr [t/a].
- b) Die von a) verwertete Menge wird in Beziehung zu der in a) dargestellten Menge der gefährlichen Abfälle gesetzt und ergibt so die Verwertungsrate [%].

##### **Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Vergleichbare Daten liegen erst ab 2003 vor, da sich die Datengrundlage der Bilanzierung durch neue gesetzliche Regelungen und andere Erfassungsmodalitäten mehrfach geändert hat und die Erfassung erst ab 2003 wie oben beschrieben durchgeführt wird.



**Abb. 16:** Gefährliche Abfälle aus Industrie und Gewerbe – Abfallmengen und Verwertungsrate  
(Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Abfallmengenbilanzen).

Die Menge der gefährlichen Abfälle, die mit dem vorliegenden Indikator erfasst werden, ist von 864 863 t/a im Jahr 2003 auf 1 005 217 t/a im Jahr 2005 gestiegen. Dies entspricht einer Zunahme von 16,2 %. Die Verwertungsrate hat sich im gleichen Zeitraum von 63,7 % im Jahr 2003 auf 67,6 % in 2005 verbessert. Der Großteil der verwerteten Abfälle wird einer stofflichen Verwertung zugeführt (nach Abfallmengenbilanz in 2005 mehr als 85 %). Die Menge der erfassten gefährlichen Abfälle, die einer Beseitigung zugeführt werden müssen, hat sich im Betrachtungszeitraum nicht wesentlich geändert.

### 2.4.3 Rohstoffproduktivität

#### Rohstoffproduktivität

Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zur Inanspruchnahme an nicht erneuerbaren Rohstoffen

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Ein schonender Umgang mit Rohstoffen ist von hoher Bedeutung, um die Bedürfnisse der jetzigen und der

nachfolgenden Generationen nach Rohstoffen zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um abiotische, nicht erneuerbare Rohstoffe, die genutzt und verwertet werden und dabei die Umwelt in vielfältiger Weise beeinflussen. Die Gewinnung und Nutzung eines Rohstoffs geht stets mit Flächen-, Material- und Energieinanspruchnahme, Stoffverlagerung sowie Schadstoffemissionen einher. Durch diese vielfältigen Wirkungsbeziehungen und die Endlichkeit von Rohstoffen und Material kommt dem Indikator Rohstoffproduktivität eine sehr hohe Bedeutung zu.

Die Rohstoffproduktivität gibt das Verhältnis eines erwirtschafteten Ertrages zu den dafür eingesetzten Rohstoffmengen an. Eine veränderte Rohstoffproduktivität kann auf zwei Wegen zustande kommen. Sie steigt, wenn eine höhere wirtschaftliche Leistung bei gleichem Materialeinsatz erzielt wird oder wenn die gleiche Leistung mit weniger Rohstoffen oder Material erreicht wird. Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie strebt eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2020 an. Dahinter steht das Ziel, wirtschaftliches Wachstum mit einer so geringen Umweltinanspruchnahme zu erreichen, dass der Naturhaushalt nicht überbeansprucht wird. Eine solche Verbesserung der Materialeffizienz kann in allen Wirtschaftsbereichen erzielt werden. In den Bereichen, in denen – wie etwa im Baubereich – große Stoffmengen bewegt werden, sind Materialeffizienzsteigerungen besonders wirksam. Beispielsweise trägt eine Verlagerung von Investitionen in Neubauten hin zu einer Sanierung von bestehenden Gebäuden erheblich zur Rohstoffproduktivität bei, da hier vergleichbare Geldströme mit sehr viel geringeren Materialströmen verbunden sind.

#### Definition

Zur Berechnung des Indikators Rohstoffproduktivität wird das Bruttoinlandsprodukt (real) in Preisen von 1994, gemessen in 1 000 €, ins Verhältnis zur Inanspruchnahme an nicht erneuerbaren Rohstoffen, gemessen in physischen Einheiten (Tonnen), gesetzt. Um die beiden Größen vergleichbar zu machen, werden sie als Indexgrößen, bezogen auf das Basisjahr 1994 = 100 gesetzt.

Die materialeitige Bezugszahl für die Rohstoffproduktivität setzt sich zusammen aus den verwerteten inländischen Entnahmen abiotischer Rohstoffe zuzüglich importierter abiotischer

Güter zuzüglich des Saldos aus Empfang und Versand abiotischer Güter aus dem Handel zwischen den Bundesländern. Zu den nicht erneuerbaren, abiotischen Rohstoffen gehören Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas, etc.) sowie Mineralien (Erze, Steine und Erden) und deren Erzeugnisse. Die AG UGRdL stellt die Daten jährlich für den Indikator nach einheitlicher Berechnung bereit. Die Daten sind allerdings erst ab 1994 verfügbar. Daher wird der Index auf 1994 bezogen.

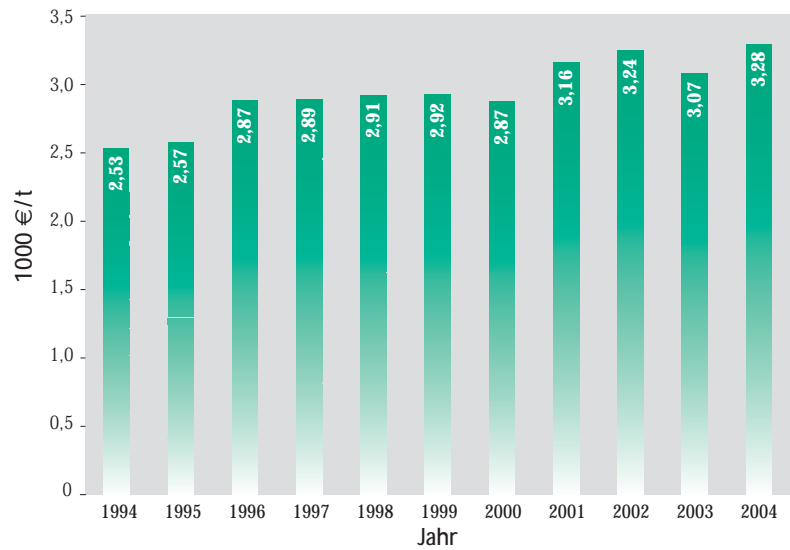


Abb. 17: Rohstoffproduktivität – Bruttoinlandsprodukt pro Tonne verbrauchte Rohstoffe (Datenquelle: AG UGRdL).

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die Rohstoffproduktivität hat sich seit 1994 positiv entwickelt. Seit 1994 bis 2004 ist die Rohstoffproduktivität [1 000 €/t] von 2,53 (1994) auf 3,28 (2004) angestiegen, bei der Indexierung hat Hessen 130,0 erreicht. Beide Werte liegen damit über dem Bundesdurchschnitt von 1,50 bzw. 127,7.

Zu beachten ist, dass die Veränderung der Rohstoffproduktivität sowohl durch „echte“ Produktivitätsverbesserungen oder -verschlechterungen innerhalb einzelner Wirtschaftsbereiche als auch durch Verschiebungen der Wirtschaftsstruktur (z. B. Expansion materialextensiver und Schrumpfen materialintensiver Branchen) beeinflusst wird.

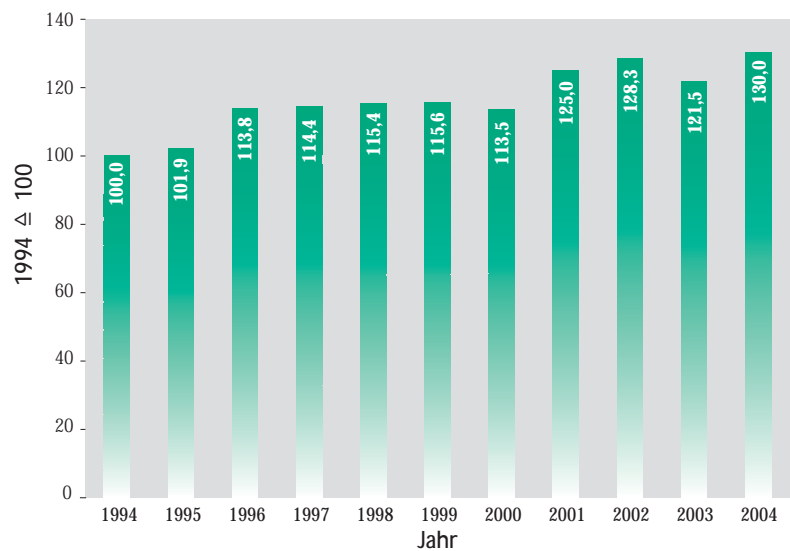


Abb. 18: Rohstoffproduktivität – Bruttoinlandsprodukt pro Tonne verbrauchte Rohstoffe (Datenquelle: AG UGRdL).

### 2.4.4 Wasserversorgung – Letztverbraucher

#### Wasserabgabe an Letztverbraucher

- a) Wasserabgabe an Letztverbraucher insgesamt
- b) Abgabe an Haushalte und Kleingewerbe

Wasser ist eine lebenswichtige, erneuerbare Ressource, deren Nutzung sich an ihrem Regenerationsvermögen orientieren muss. Zentrale Zielsetzungen

der umweltverträglichen Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen des Landes sind die dauerhafte Sicherstellung der örtlichen und regionalen Wasserversorgung der Bevölkerung und der Wirtschaft sowie ein nachhaltiger Grundwasserschutz. Für eine rationelle Nutzung vorhandener Grundwasserressourcen sind Anforderungen aus Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft sowie der Raumplanung zu berücksichtigen mit dem Ziel, ökologische, bauliche und wirtschaftliche Schäden durch Trockenheit

oder Vernässung in hydrologischen Nassjahren zu vermeiden. In Hessen stammen gut 95 % des für die Öffentlichkeit bereitgestellten Trinkwassers aus dem Grundwasser. Der Indikator lässt Rückschlüsse auf wassersparendes Verhalten der Bevölkerung, aber auch auf Entwicklungen in der Wasserspartechnologie zu.

**Definition**

Erhoben wird die Wasserabgabe der öffentlichen Wasserversorgung an die Letztverbraucher. Letztverbraucher umfassen die privaten Haushalte einschließlich Kleingewerbe, gewerbliche Unternehmen und sonstige Abnehmer, mit denen die Wasserversorgungsunternehmen das abgegebene Wasser unmittelbar abrechnen. Der Verbrauchssektor private Haushalte und Kleingewerbe schließt Dienstleistungsunternehmen ein. Nicht enthalten sind die Wasserversorgung öffentlicher Einrichtungen, die Kühl- und Produktionswässer von Bergbau und verarbeitendem Gewerbe sowie von Energie- und Landwirtschaft. Dargestellt wird

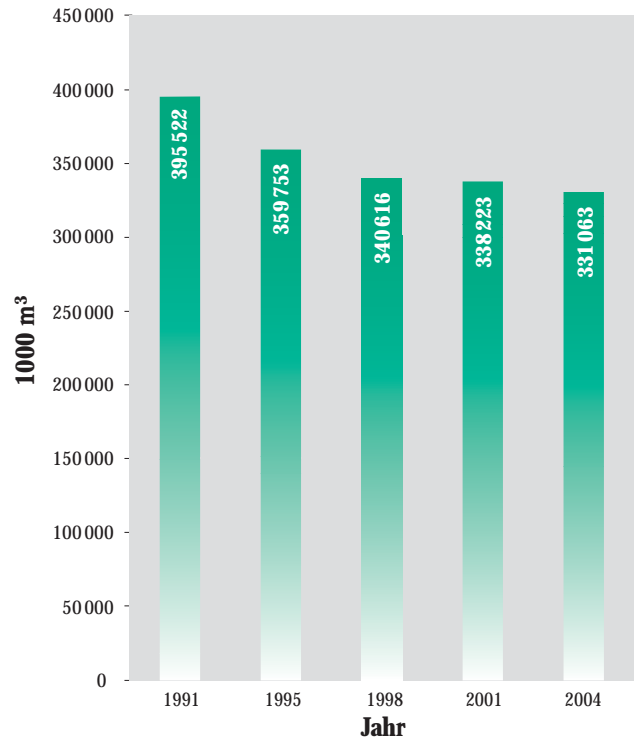
- a) die Wasserabgabe an die Letztverbraucher als absoluter  $[m^3/a]$  und einwohnerspezifischer Wert  $[l/(E \cdot d)]$  und
- b) die Wasserabgabe an private Haushalte und Kleingewerbe als einwohnerspezifischer Wert  $[l/(E \cdot d)]$ .

Die Daten werden vom Hessischen Statistischen Landesamt geführt; erhoben werden sie gemäß Umweltstatistikgesetz (UStatG) alle drei Jahre (erster Zeitraum 1991 – 1995, also 4 Jahre).

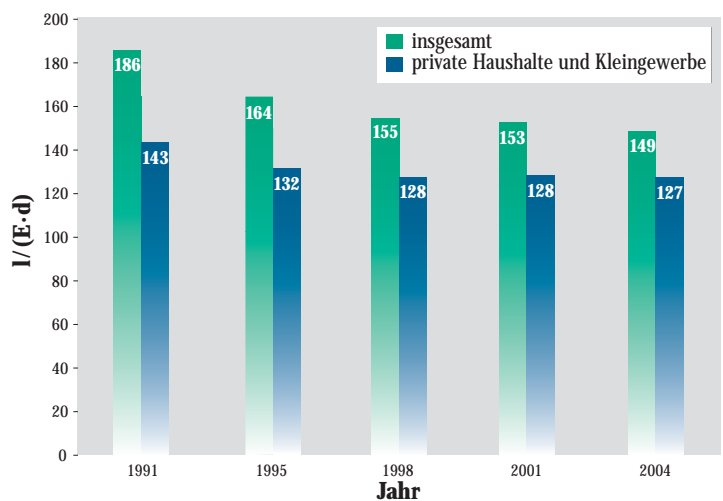
**Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Die gesamte Wasserabgabe an Letztverbraucher hat sich seit 1991 deutlich verringert (bis 2004 ergibt sich ein Rückgang um 16 %). Ebenso ist die spezifische Wasserabgabe für den gesamten Verbrauchsbereich der Letztverbraucher und auch den Teilsektor private Haushalte und Kleingewerbe gesunken (1991 bis 2004 um 11 %). Der Anteil der Verbrauchergruppe private Haushalte und Kleingewerbe ist dabei allerdings seit 1991 von 77 % auf 85 % in 2004 gestiegen.

Ursachen hierfür können beispielsweise größere Anstrengungen zur Wassereinsparung im gewerblichen Bereich sein, zum anderen aber auch die abnehmende Größe der privaten Haushalte, durch die die Erfolge von Wassersparmaßnahmen unter Umständen wieder relativiert werden.



**Abb. 19:** Wasserabgabe an Letztverbraucher (Absolutwerte) (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).



**Abb. 20:** Spezifische Wasserabgabe an Letztverbraucher insgesamt bzw. an private Haushalte und Kleingewerbe (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).

2.4.5 Wasserversorgung – Industrie und Gewerbe

**Industrielle und gewerbliche Wasserversorgung, Nutzungsfaktoren**

- a) Gesamteinsatz Frischwasser
- b) Anteile Frischwasser zur Einfach-, Mehrfach- und Kreislaufnutzung
- c) Nutzungsfaktoren

Hohe Verbrauchszahlen können zur Senkung der Grundwasserspiegel oder eine Überschreitung der Neubildungsrate führen und mittelbar negative Folgen beispielsweise für die Wasserwirtschaft, aber auch für Ökosysteme nach sich ziehen. Da jede Grundwasserentnahme einen Eingriff in den Grundwasserhaushalt darstellt, ist die Einsparung von Wasser aus ökologischen, aber auch aus wirtschaftlichen Gründen eine sinnvolle Maßnahme. Eine Erhöhung des Nutzungsfaktors durch Mehrfach-/Kreislaufnutzung von Frisch- und Prozesswasser im produzierenden Gewerbe kann den Frischwasserbedarf um ein Vielfaches reduzieren. Der Indikator lässt also Rückschlüsse auf ein verändertes Wassermanagement in Industrie und Gewerbe zu.

**Definition**

Wassernutzung im produzierenden Gewerbe (Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, verarbeitendes Gewerbe, ohne Baugewerbe) kann als Einfach-, Mehrfach- und Kreislaufnutzung erfolgen. Mehrfachnutzung liegt dann vor, wenn Wasser nacheinander für verschiedene Zwecke genutzt wird. Kreislaufnutzung liegt vor, wenn in einem Kreislaufsystem Wassermengen laufend umgewälzt und für denselben Zweck genutzt werden, wobei jeweils geringe Mengen durch Zuleitung von außen ergänzt werden. Bei der Gesamtnutzung wird mehrfach und im Kreislauf genutztes Wasser entsprechend der Zahl der Nutzungen gezählt (= Nutzungsfaktoren).

- a) Dargestellt wird die insgesamt eingesetzte Frischwassermenge für alle Branchen [m<sup>3</sup>/a]
- b) Dargestellt werden jeweils die Anteile [%] von einmalig genutztem Frischwasser, Frischwasser zur Mehrfachnutzung, Frischwasser für Kreislaufsysteme für alle Branchen an der insgesamt eingesetzten Frischwassermenge.

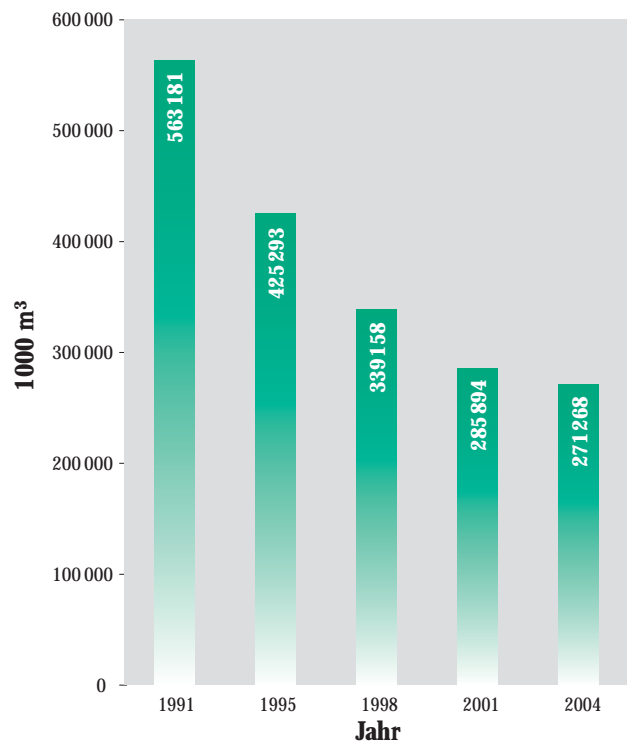


Abb. 21: Frischwassereinsatz insgesamt (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).

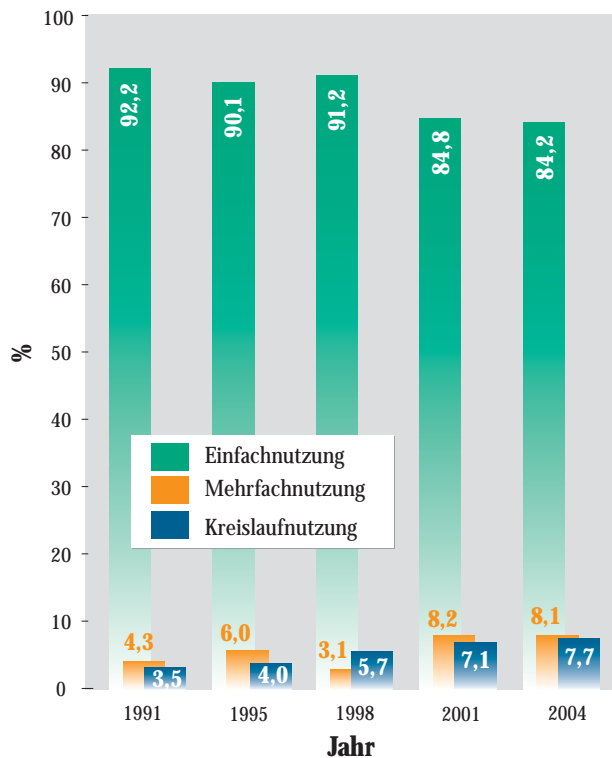


Abb. 22: Anteile der Nutzungsarten des Frischwassers (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).



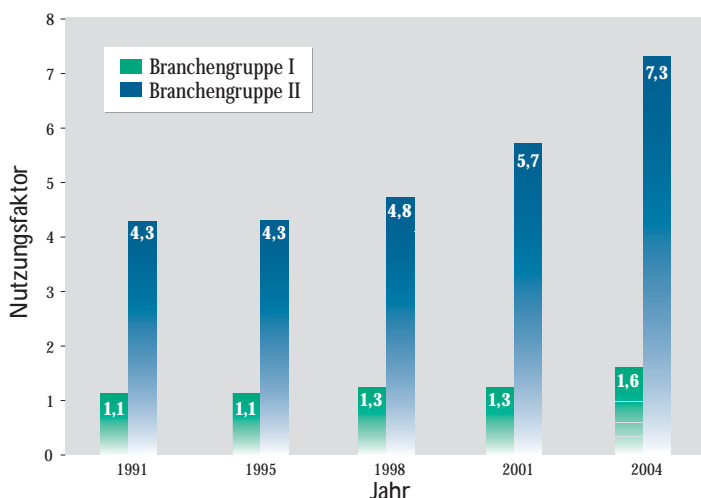
c) Es werden die Nutzungsfaktoren für die Branchengruppe I „Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden“ und die Branchengruppe II „verarbeitendes Gewerbe“ dargestellt. Errechnet wird der Nutzungsfaktor über das Verhältnis des insgesamt genutzten Wassers zur Menge des eingesetzten Frischwassers.

Die Daten werden vom Hessischen Statistischen Landesamt geführt; die Erfassung erfolgt gemäß Umweltstatistikgesetz (UStatG) alle drei Jahre (erster Zeitraum 1991–1995, also vier Jahre).

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Der Frischwassereinsatz in Industrie und Gewerbe hat sich in den letzten Jahren deutlich verringert, von 1991 bis 2004 ist eine Abnahme um mehr als die Hälfte zu verzeichnen. Mehrfach- und Kreislaufnutzungen haben zugenommen. Der Nutzungsfaktor im verarbeitenden Gewerbe (Branchengruppe II) ist erheblich angestiegen. Hier wird das eingesetzte Frischwasser durchschnittlich 7,3-fach genutzt, im Bereich Bergbau, Steine, Erden (Branchengruppe I) nur 1,6-fach (Werte für 2004).

Als eine der Ursachen für die Entwicklung ist die Verlagerung von der Einfachnutzung hin zu Mehrfach- und Kreislaufnutzung zu nennen. Die unterschiedlichen Nutzungsfaktoren der Branchengruppen sind sehr wahrscheinlich prozessbedingt.



**Abb. 23:** Industrielle und gewerbliche Wasserversorgung – Nutzungsfaktoren nach Branchengruppen (Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).

### 2.4.6 Zertifizierte Waldfläche

#### Zertifizierte Waldfläche – Staats-, Kommunal- und Privatwald

- a) nach PEFC zertifizierte Waldfläche
- b) Anteil an der Gesamt-Forstbetriebsfläche in Hessen

Für den Wald fordert das Hessische Forstgesetz (siehe § 6) eine Bewirtschaftung nach dem Nachhaltigkeitsprinzip unter Beachtung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Kriterien. Sogenannte Zertifizierungssysteme erfassen die Art und Weise der Waldbewirtschaftung. Auf Grundlage der Anforderungen dieser Systeme sind mittelbar Aussagen über die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung möglich, da nach den Zertifizierungsvorgaben sowohl ökonomische, ökologische als auch soziale Standards in der Waldbewirtschaftung berücksichtigt werden müssen. Somit wird die Entwicklung einer an bestimmten Grundsätzen orientierten Waldbewirtschaftung in Hessen überprüfbar gemacht. Weltweit existieren derzeit sechs relevante Zertifizierungsansätze, von denen nur zwei die Grundlage für eine Produktkennzeichnung anbieten:

- das Forest Stewardship Council (FSC, globaler Ansatz)
- das Paneuropäische Zertifizierungssystem (PEFC, Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes, Europe)

Das System des FSC basiert auf einer Zertifizierung der Leistungen der Waldwirtschaft. Vor der jeweiligen Überprüfung und Zertifikatsvergabe gehen die Waldeigentümer eine vertragliche Bindung mit dem Zertifizierer oder einer Gruppenvertretung ein, die Standards der Waldbewirtschaftung und gegebenenfalls dazugehörige Auflagen einzuhalten. Die Einhaltung dieser Selbstverpflichtung wird jährlich vor Ort überprüft.

PEFC ist ein System, das dafür vergeben wird, dass ein betriebliches Umweltmanagementsystem aufgebaut und Umweltziele, z.B. in regionalen Waldberichten, vorgegeben und von den Akteuren einer Region umgesetzt werden. Dabei spielt auch der Aspekt „Wald als Arbeitsplatz“ eine entscheidende Rolle. In den Regionen kann sich jeder Forstbetrieb durch eine freiwillige Selbstverpflichtungser-

klärung zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Sinne der Leitlinien be- kennen. Daraus begründet sich eine vertragliche Verpflichtung des Waldeigentümers zur Einhaltung konkreter Nachhaltigkeitskriterien bei der Wald- bewirtschaftung. Diese werden im Rahmen der jährlichen Kontrollstich- probe vom Zertifizierer auf Ebene des Forstbetriebs überprüft. Die Begut- achtung einer nachhaltigen Waldbe- wirtschaftung mit PEFC (entspre- chend den Empfehlungen und Kriteri- en der Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder, Helsinki 1993, Lissabon 1998) erfasst die Erhaltung und Verbesserung/Förderung von forstlichen Ressourcen, der Gesun- dheit und Vitalität von Forstökosyste- men, der Produktionsfunktionen der Wälder, der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen, der Schutzfunctio- nen bei der Waldbewirtschaftung und sonstiger sozio-ökonomischer Functio- nen und Bedingungen.

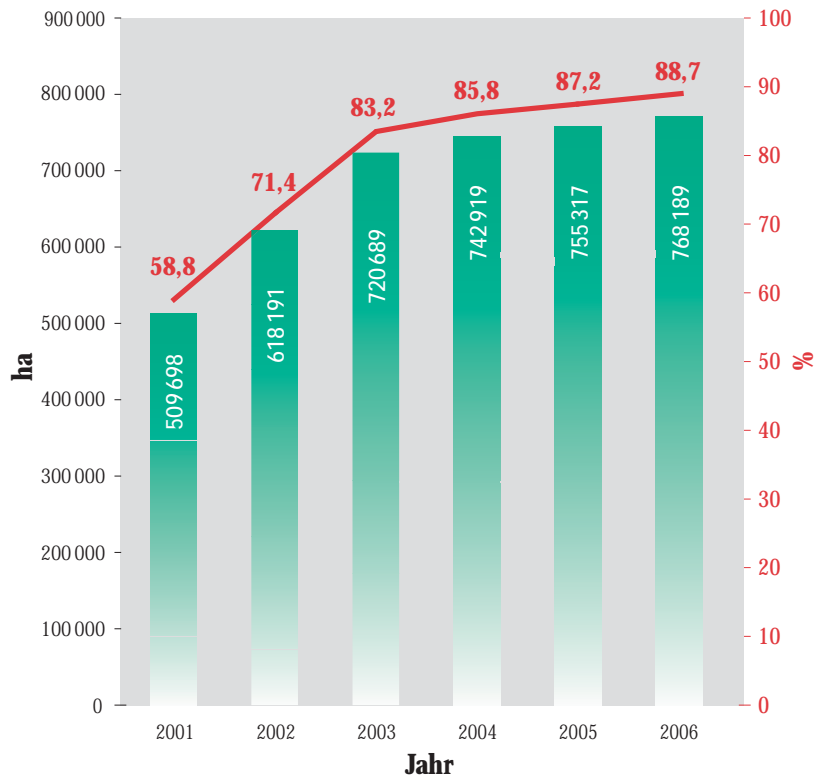


Abb. 24: Zertifizierte Waldfläche und Anteil an Gesamt-Forstbetriebsfläche (Daten: PEFC Deutschland; HMULV).

### Definition

Hessen ist seit dem Jahr 2000 als PEFC-Region anerkannt, seitdem werden die nach PEFC zertifizierten Betriebe erfasst. Dargestellt wird

- die in Hessen nach PEFC zertifizierte Waldfläche in Hektar [ha].
- der Anteil der zertifizierten Waldfläche an der für die Forstbetriebe in Hessen zugrunde zu legenden Gesamt-Forstbetriebsfläche (reine Waldfläche, die für die Zertifizierung berücksichtigt wird), die sich von der Landeswaldfläche (Waldfläche einschließlich Wege, Wiesen, Truppenübungsplätze etc.) unterscheidet und für die Bemessung als Bezugsgröße als mittelfristig konstant angenommen wird. Die Darstellung erfolgt in Prozent [%].

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Sowohl der Anteil an der Gesamt-Forstbetriebsfläche als auch die absolute Fläche, die in Hessen nach PEFC zertifiziert ist, nimmt seit dem Jahr 2001 kontinuierlich zu. Insbesondere in den Anfangsjahren nach Anerkennung als PEFC-Region konnten starke Zuwächse verzeichnet werden. Bis 2006 ist der Anteil zertifizierter Flächen von 58,8 % auf 88,7 % gestiegen.

Die Quote der freiwilligen Selbstverpflichtung der Waldbesitzer zur Nachhaltigkeit ist in Hessen mit dem bislang erreichten Prozentsatz beachtlich hoch. Rechnet man den Anteil der nach FSC zertifizierten Waldflächen hinzu, dürften über 90 % des hessischen Waldes der nachhaltigen Waldbewirtschaftung unterliegen. Eine weitere Steigerung wird kaum mehr möglich sein. Systembedingt liegen für FSC-Waldflächen in Hessen keine statistischen Angaben vor.

## 2.5 Umwelt, Ernährung, Gesundheit

### 2.5.1 Luftqualität – Immissionen

#### Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe

- a) Jahresmittelwerte für Stickstoffmonoxidkonzentrationen (NO), Stickstoffdioxidkonzentrationen (NO<sub>2</sub>), Schwebstaubkonzentrationen (PM10-Fraktion) und Ozon (O<sub>3</sub>)
- b) Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon (Ozonstundenmittelwerte > 180 µg/m<sup>3</sup>) – gemittelt über alle Stationen

Immissionen bilden die Belastung durch luftgetragene Schadstoffe ab – also die Konzentration von Gasen und Stäuben, die in der Luft enthalten sind und schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, wobei eine Verbesserung der Immissions-situation – d. h. eine Minderung der Immissionskonzentrationen – über Maßnahmen zur Emissionsminderung in den jeweils verursachenden Emittentengruppen erreicht werden muss.

Die Immissionsüberwachung in Hessen umfasst verschiedene Messprogramme, deren Ergebnisse im Immissionskataster zusammengeführt werden. Die verschiedenen Messnetze und -programme werden vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie betrieben und durchgeführt. Grundlage der Zeitreihen zu verschiedenen Immissionskonzentrationen sind die Messergebnisse aus dem landesweiten Luftmessnetz mit ortsfesten Stationen, das der Überwachung der Luftqualität dient. Je nach Standort unterscheidet sich die Ausstattung der Messstationen. Stationen im ländlichen Raum erfassen beispielsweise Ozonwerte, die für Verkehrsschwerpunkte weniger bedeutend sind. An Verkehrsschwerpunkten werden dagegen verstärkt die Stickstoffoxid-, Benzol- und Schwebstaubbelastungen gemessen. Als kleinste zeitliche Auflösung werden Halbstunden-Mittelwerte aufgezeichnet. Derzeit erfasst werden die Parameter

- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxide (NO, NO<sub>2</sub>)

- Ozon (O<sub>3</sub>)
- Schwebstaub (PM10-Fraktion)
- Benzol, Toluol, Xylol (BTX)

#### Definition

Als Indikator für die Luftqualität wird die Außenluftkonzentration ausgewählter Luftschadstoffe dargestellt. Dazu werden die Ergebnisse aus dem festen Messnetz und dem Schwebstaubmessprogramm genutzt. Hessen ist derzeit in die Ballungsräume Kassel und Rhein-Main sowie die Gebiete Lahn-Dill, Mittel- und Nordhessen und Südhessen eingeteilt<sup>3</sup>. Das automatische Luftmessnetz besteht nach Abschluss der Umstrukturierung im Jahr 2005 aus 30 ortsfesten, kontinuierlich arbeitenden Messstationen in den Ballungsräumen und Gebieten. Die Standorte der Stationen sind so gewählt, dass eine flächen-deckende Immissionsüberwachung über Hessen gewährleistet ist. Für den Indikator werden

- a) die Jahresmittelwerte als Kenngrößen zur Beschreibung der Langzeiteinwirkung für die Parameter
  - Stickstoffmonoxid NO
  - Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>
  - Feinstaub PM10
  - Ozon O<sub>3</sub>
 gewählt. Die Messwerte werden über die jeweilige Stationskategorie (Städte, ländlicher Raum, Verkehrsschwerpunkte) gemittelt und als Konzentration in µg/m<sup>3</sup> dargestellt.
- b) Für Ozon wird zudem die Anzahl der Stundenmittelwerte, die eine Konzentration von 180 µg/m<sup>3</sup> überschreiten, über die Stationskategorien Städte und ländlicher Raum gemittelt und als Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon (Ozonstundenmittelwerte > 180 µg/m<sup>3</sup>) pro Jahr angegeben.

Zur Orientierung sind hier die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für die Jahresmittel der dargestellten Parameter aufgeführt (nach 22. BImSchV):

NO <sub>2</sub> <sup>4</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>
PM10 <sup>5</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Dies entspricht den Anforderungen der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV)

<sup>4</sup> Für NO<sub>2</sub> gilt bis 2010 als Übergangsregelung der Grenzwert plus Toleranzmarge. Diese wird seit Inkrafttreten der 22. BImSchV in 2002 von ursprünglich 56 µg/m<sup>3</sup> jährlich um 2 µg/m<sup>3</sup> abgesenkt. Ab 2010 ist der eigentliche Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> einzuhalten (Grenzwert inkl. Toleranzmarge für 2007: 46 µg/m<sup>3</sup>)

<sup>5</sup> Für PM10 galt bis 2005 eine Übergangsregelung mit Toleranzmarge. Seitdem ist der aufgeführte Grenzwert einzuhalten

Für Ozon legt die 33. BImSchV Zielwerte (also keine rechtsverbindlichen Grenzwerte) zum Schutz der menschlichen Gesundheit fest.

- Im Mittel über drei Jahre sollte ab 2010 der maximale 8-Stunden-Mittelwert eines Tages (errechnet aus stündlich gleitenden 8-h-Mittelwerten)  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an nicht mehr als 25 Tagen pro Jahr überschreiten.
- Zur Information der Öffentlichkeit wurden zusätzlich eine Informationsschwelle ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und eine Alarmschwelle ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), basierend auf 1-h-Mittelwerten, festgelegt.

Die Parameter  $\text{SO}_2$ , CO und BTX werden wegen ihrer unverändert positiven Bilanz (stetig abnehmende Tendenz seit Anfang der 1990er Jahre) hier nicht dargestellt. Ergebnisse der Immissionsüberwachung dokumentieren den deutlichen Rückgang der früheren Massenschadstoffe ( $\text{SO}_2$ , Schwebstaub) und damit den Erfolg der Luftreinhaltepolitik für diese Komponenten.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die Immissionsbelastung durch Stickstoffoxide ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ) ist über den gesamten Betrachtungszeitraum deutlich gesunken, mit Ausnahme der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen an Verkehrsschwerpunkten, für die kein eindeutiger Trend erkennbar ist. Die Immissions-situation von NO dagegen stellt sich – nach sehr hohen Konzentrationen Anfang der 1990er Jahre – gerade an Verkehrsschwerpunkten sehr positiv dar. Auch ohne Berücksichtigung des absoluten Maximums von  $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in 1991 hat sich die Konzentration von 1992 bis 2006 um gut 50 % reduziert.

Bezogen auf die Jahresmittelwerte stellt sich auch die Situation bezüglich der PM10-Konzentrationen insgesamt positiv dar (Abnahme im ländlichen Raum um 50 %, in Städten um 45 % von 1990 bis 2005), allerdings war von 2000 bis 2003 für Städte (und Verkehrsschwerpunkte) wieder ein Anstieg zu verzeichnen. Außerdem ist für PM10 zu beachten, dass beispielsweise im Jahr 2005 an allen Stationen Über-

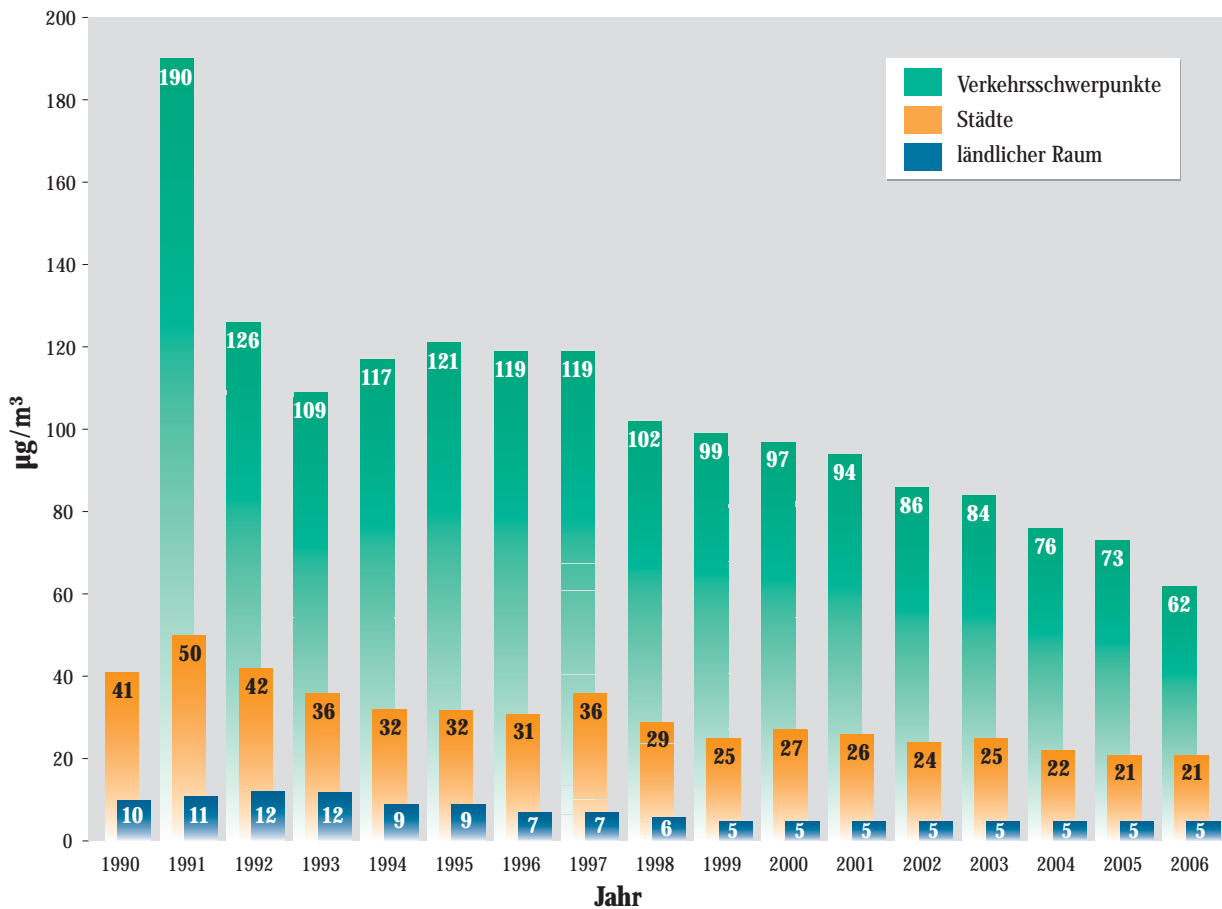
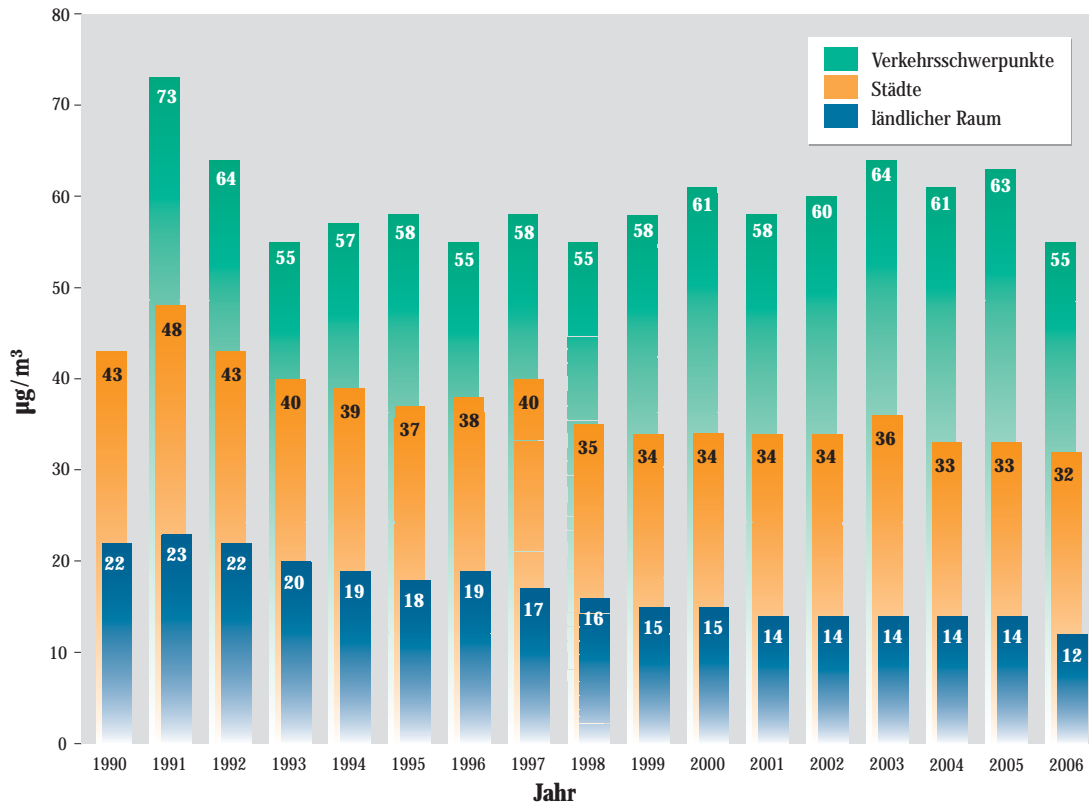
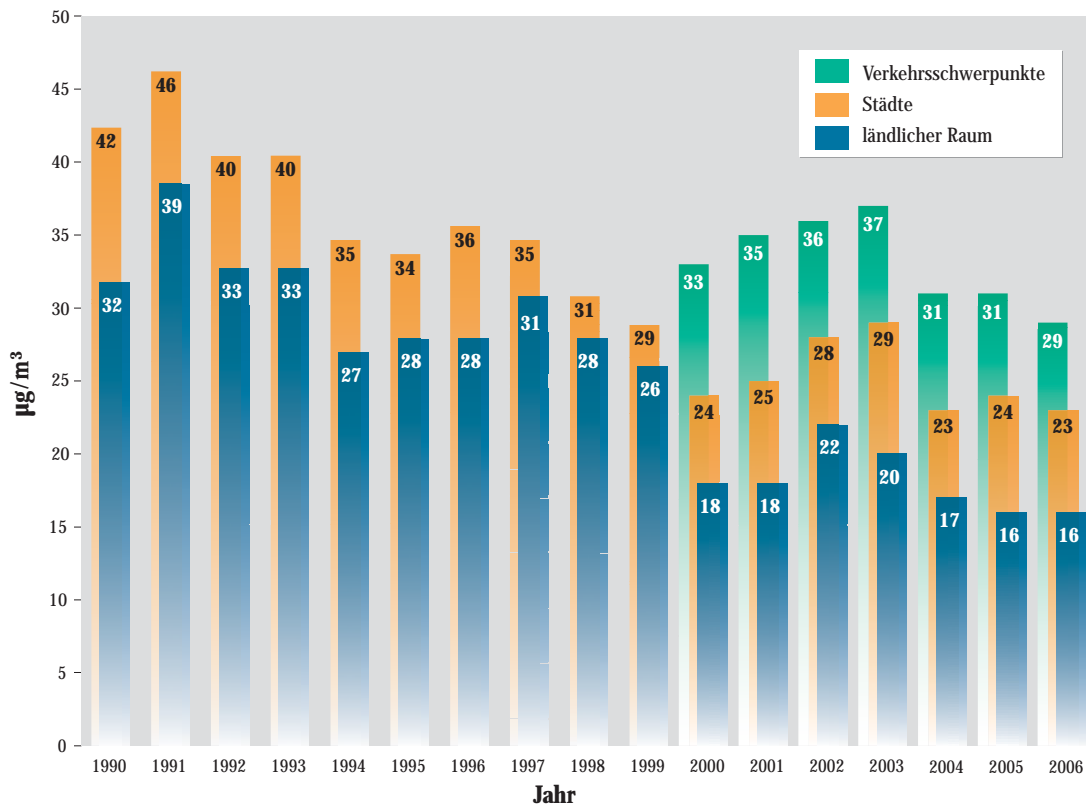


Abb. 25: Jahresmittelwerte der Stickstoffmonoxidkonzentrationen (NO) (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

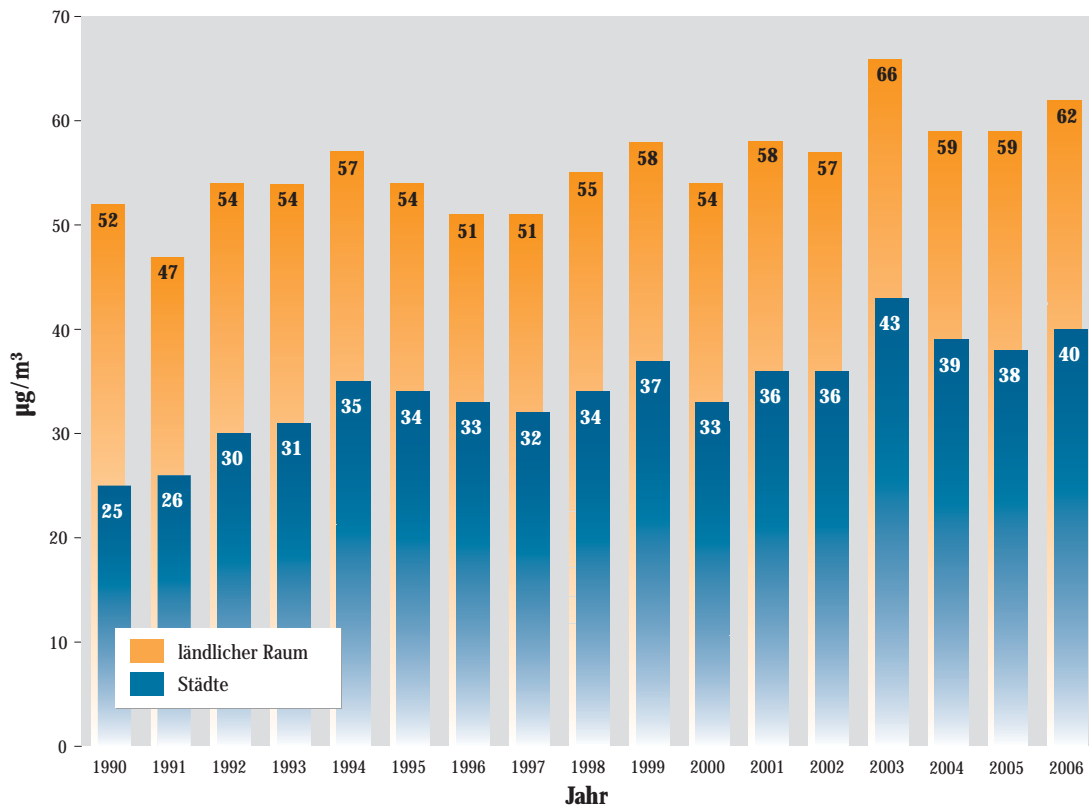


**Abb. 26:** Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen (NO<sub>2</sub>)  
(Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

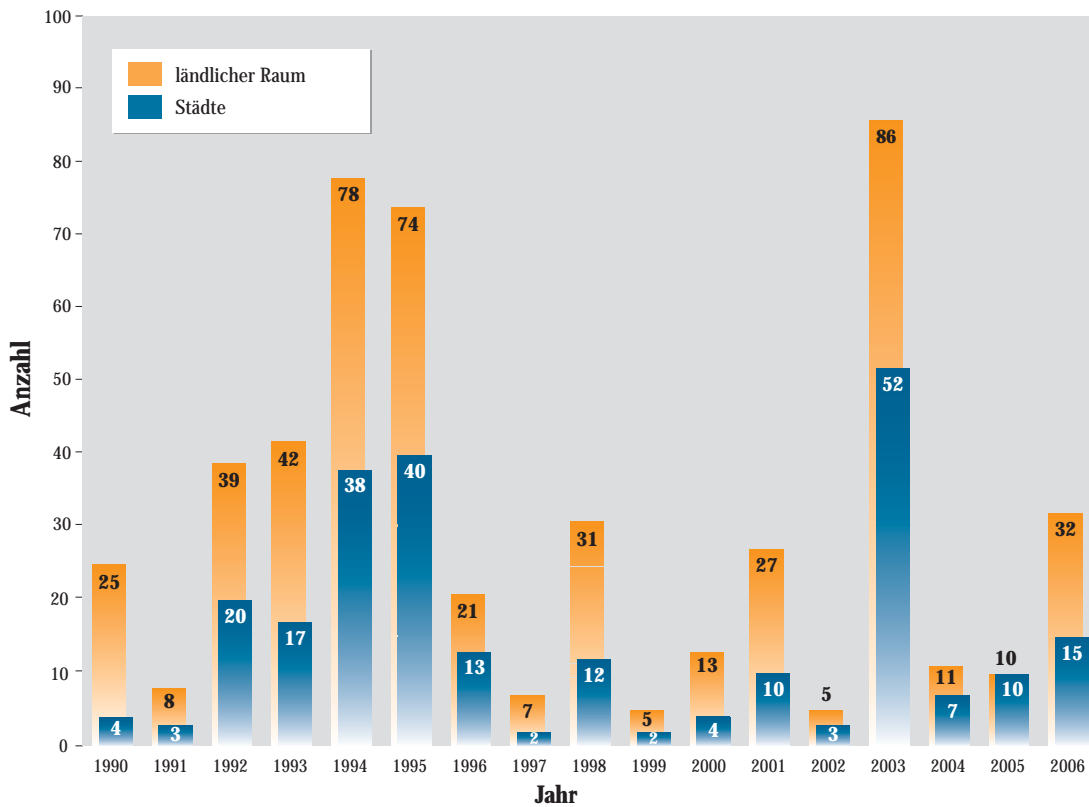


**Abb. 27:** Jahresmittelwerte der Schwebstaubkonzentrationen (PM10-Fraktion)  
(Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

Umweltindikatoren Hessen



**Abb. 28:** Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen (O<sub>3</sub>)  
(Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).



**Abb. 29:** Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon (Ozonstundenmittelwerte > 180 µg/m³) – gemittelt über alle Stationen (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

schreitungen der Tagesmittelkonzentration von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aufgetreten sind, an drei der vier beobachteten Verkehrsschwerpunkten sogar an mehr als 35 Tagen pro Jahr, was einer Grenzwertüberschreitung dieses Parameters entspricht<sup>6</sup>.

Von den dargestellten Parametern zeigt einzig Ozon bei Betrachtung der Jahresmittelwerte eine negative Entwicklung, insbesondere in den Städten ist eine deutliche Steigerung der Konzentration zu beobachten (Zunahme um 60 % von 1990 bis 2006).

Hauptverursacher der  $\text{NO}_x$ -Emissionen als Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon und damit auch der hier betrachteten Ozonbelastung ist der Straßenverkehr, der auch zukünftig durch weiterhin steigendes Verkehrsaufkommen die Ozonsituation maßgeblich bestimmen wird. Die deutlich höhere Konzentration von bodennahem Ozon in ländlichen Gebieten ist darauf zurückzuführen, dass in emittentfernen Gebieten nur wenig Stickstoffmonoxid vorhanden ist, das nachts bzw. bei verminderter Einstrahlung (fehlende Sonneneinstrahlung) durch Reaktion zum Abbau des Ozons führt. In Städten fällt die Ozonkonzentration in den Abendstunden dagegen stark ab. Die Überschreitungshäufigkeiten der Informationsschwelle für Ozon schwanken von Jahr zu Jahr extrem. Dies ist zurückzuführen auf die starke Witterungsabhängigkeit der kurzzeitigen Ozonkonzentrationen, die bei hoher Strahlungsintensität in Verbindung mit dem Auftreten hoher Konzentrationen an Vorläufersubstanzen schnell ansteigen. In Jahren mit besonders warmen Sommern (1994, 1995, 2003) sind daher deutlich mehr Überschreitungen zu verzeichnen. Die Auswertung der Jahresmittelwerte zeigt die Verschiebung der Ursachen der Luftschadstoffbelastung von den Auswirkungen industrieller Anlagen hin zu Verkehrsemissionen und ihren Folgeprodukten (Photooxidantien, z. B. Ozon).

### Weiterentwicklung des Indikators

Aufgrund der Überarbeitung verschiedener EU-Richtlinien bezüglich der Zielvorgaben für Ozon, feine Partikel ( $\text{PM}_{2,5}$ ) und weiterer Immissionsgrenzwerte ist die Parameterauswahl zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

## 2.5.2 Luftqualität – Depositionen

### Depositionen von Staubbiederschlag und Schwermetallen

- a) Depositionszeitreihen – Gesamtdosition
- b) Depositionszeitreihen für die Schwermetalle Arsen, Blei, Cadmium, Nickel

Depositionen bilden den Schadstoffeintrag aus der Luft ab. Bei dem Vorgang der Deposition werden Luftschadstoffe aus der Atmosphäre entfernt, entweder durch trockene Deposition (Sedimentation) oder durch nasse Deposition, also einem Auswaschen der Partikel durch Regen, Schnee oder Nebel – man spricht auch von Selbstreinigung der Atmosphäre. Die Zeitreihen ermöglichen eine Aussage über den Schadstoffeintrag aus der Atmosphäre in den Boden und in Ökosysteme. In den Ergebnissen spiegeln sich aber auch Immissionsereignisse wider, die aus dem Betrieb von industriellen Anlagen resultieren.

### Definition

Grundlage der Zeitreihen zum Indikator ist das Staubbiederschlagsmessprogramm des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, dessen Messgebiet schwerpunktmäßig die zwei hessischen Ballungsräume Rhein-Main und Kassel sowie die Städte Wetzlar und Gießen (Gebiet

<sup>6</sup> Definition des „Kurzzeit“-Grenzwertes für  $\text{PM}_{10}$ : Eine Tagesmittelkonzentration von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  darf nicht mehr als 35mal pro Kalenderjahr überschritten werden

Lahn-Dill) abdeckt. Staubbiederschlagsmessungen erfassen den atmosphärischen deponierten Stoffeintrag. Gemessen wird die Gesamtdeposition (Summe aus trockener und nasser Deposition). Es wird sowohl die Gesamtmasse ermittelt als auch der Gehalt an bestimmten Stoffen im Staubbiederschlag (insbesondere Schwermetalle). Ab 2005 wurde das Depositionsmessnetz auf insgesamt 220 Messstellen festgelegt. Zusätzlich zu den Messpunkten in den Ballungsräumen Rhein-Main und Kassel sowie im Gebiet Lahn-Dill sind Messpunkte an zwei Standorten im ländlichen Raum als Vergleichsmessgebiete eingerichtet. Für den Indikator werden

- a) die Entwicklung der Gesamtdeposition und
- b) die Schwermetallgehalte im Staubbiederschlag für Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Nickel (Ni) geführt, die u. a. nach TA Luft<sup>7</sup> zu überwachen sind.

Thallium wird ebenfalls nach TA Luft überwacht, lag jedoch unter der Nachweisgrenze und wird deshalb nicht dargestellt<sup>8</sup>.

Die Gesamtdeposition und die Staubinhaltsstoffe (Schwermetalle) werden als Jahresmittelwerte jeweils für die Ballungsräume Rhein-Main und Kassel, das Gebiet Lahn-Dill sowie für die Vergleichsmesspunkte Hünfelden und Ulrichstein dargestellt (Gesamtdeposition in [mg/(m<sup>2</sup>·d)], Deposition der Schwermetalle in [µg/(m<sup>2</sup>·d)]). Daten für die Gesamtdeposition liegen seit 1993 vor, für die einzelnen Staubinhaltsstoffe erst ab 2000.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Für die Gesamtdeposition ist aus den Messergebnissen in den letzten zehn Jahren kein eindeutiger Trend zu erkennen. Die Schwermetallgehalte sind in

den Ballungsräumen und im Gebiet Lahn-Dill seit 2000 eher rückläufig, am deutlichsten ist diese Entwicklung für das Rhein-Main-Gebiet abzulesen. Im Gebiet Lahn-Dill ist die Deposition von Nickel im Vergleich zu den anderen Gebieten auffällig hoch. Niveau und Verlauf sind wahrscheinlich zurückzuführen auf Bodenbelastungen, die durch die im Raum Wetzlar ansässige Schwerindustrie verursacht werden. In den Hintergrundmessgebieten ist auch für die Schwermetallgehalte das Niveau seit 2000 etwa gleich bleibend. Für Hünfelden ist zu beachten, dass es sich um ein ackerbaulich geprägtes Gebiet handelt.

Bei einer Betrachtung der Deposition ist zu berücksichtigen, dass diese stark witterungsabhängig ist. Bei trockener Witterung ist zum einen der Transport der Partikel in den Luftmassen besser, zum anderen kommt es verstärkt zu Bodenaufwirbelungen, die sowohl den Staubbiederschlag insgesamt erhöhen, als auch bei entsprechender Bodenbelastung zu hohen Schwermetallgehalten im Staubbiederschlag führen können. Durch Niederschlagsereignisse werden wiederum vermehrt Partikel ausgewaschen und der Einfluss des Bodens (Staubaufwirbelung) auf die Messergebnisse nimmt deutlich ab.

Trotz dieser Einflüsse auf die Messergebnisse werden bei der Gesamtdeposition als auch den Schwermetallgehalten die Immissionswerte<sup>9</sup> in allen Gebieten und Jahren eingehalten, wie dies von der TA Luft gefordert wird<sup>10</sup>.

### Weiterentwicklung des Indikators

Zukünftig ist Quecksilber (Hg) als Messparameter bei der Staubbiederschlagsmessung aufzunehmen, allerdings liegt derzeit noch kein genormtes Verfahren für diese Komponente vor.

<sup>7</sup> Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24.07.2002, GMBL 2002, Heft 25–29, S. 511–605)

<sup>8</sup> Thallium lag von 1993 bis 2004 unter der Nachweisgrenze von < 0,1 µg/(m<sup>2</sup>·d) und wird daher grafisch nicht dargestellt. In 2005 konnte die Nachweisgrenze auf < 0,05 µg/(m<sup>2</sup>·d) gesenkt werden; diese wurde in Rhein-Main (0,082 µg/(m<sup>2</sup>·d)), Lahn-Dill (0,076 µg/(m<sup>2</sup>·d)) und Hünfelden (0,081 µg/(m<sup>2</sup>·d)) überschritten

<sup>9</sup> Immissionswerte: Gesamtdeposition 0,35 g/(m<sup>2</sup>·d), Arsen 4 µg/(m<sup>2</sup>·d), Blei 100 µg/(m<sup>2</sup>·d), Cadmium 2 µg/(m<sup>2</sup>·d), Nickel 15 µg/(m<sup>2</sup>·d)

<sup>10</sup> Die 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV) nennt keine Grenzwerte für die Deposition



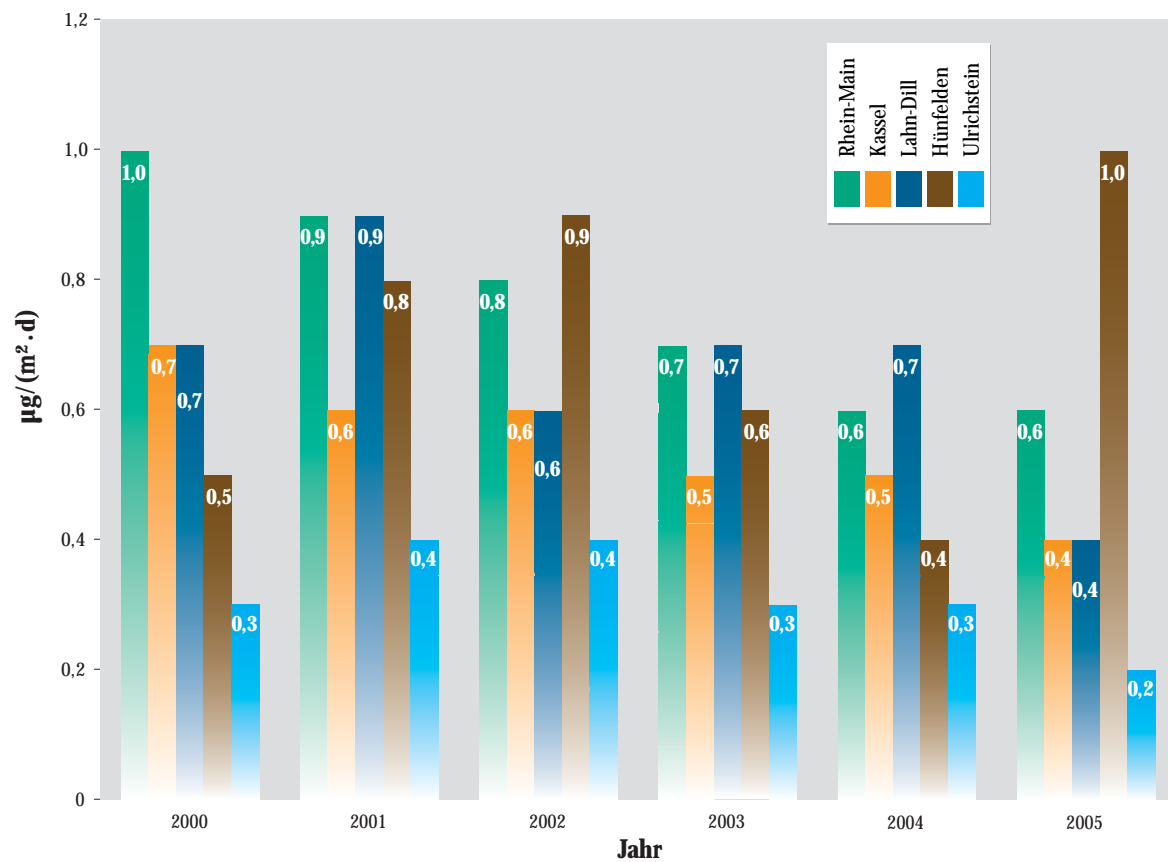
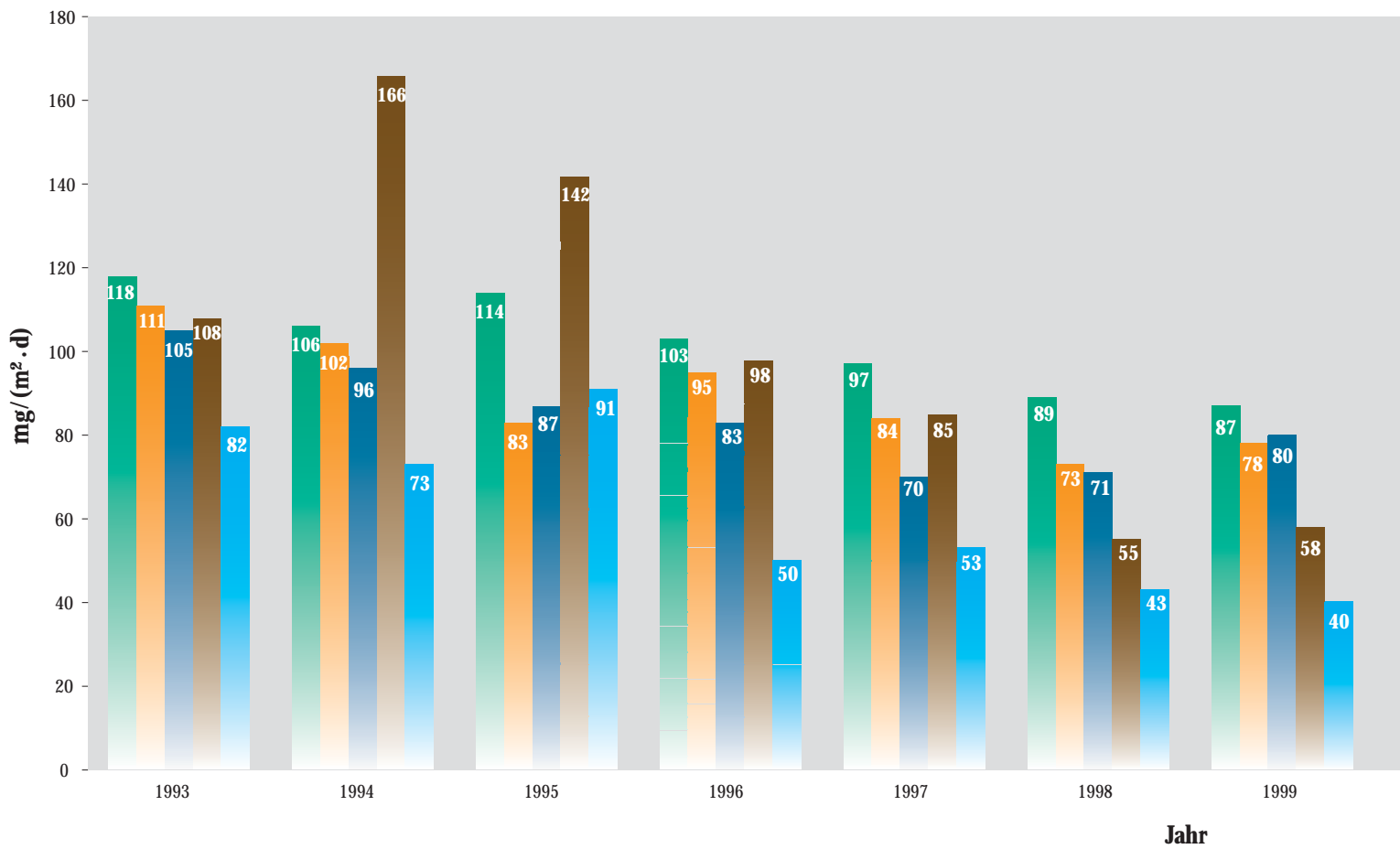
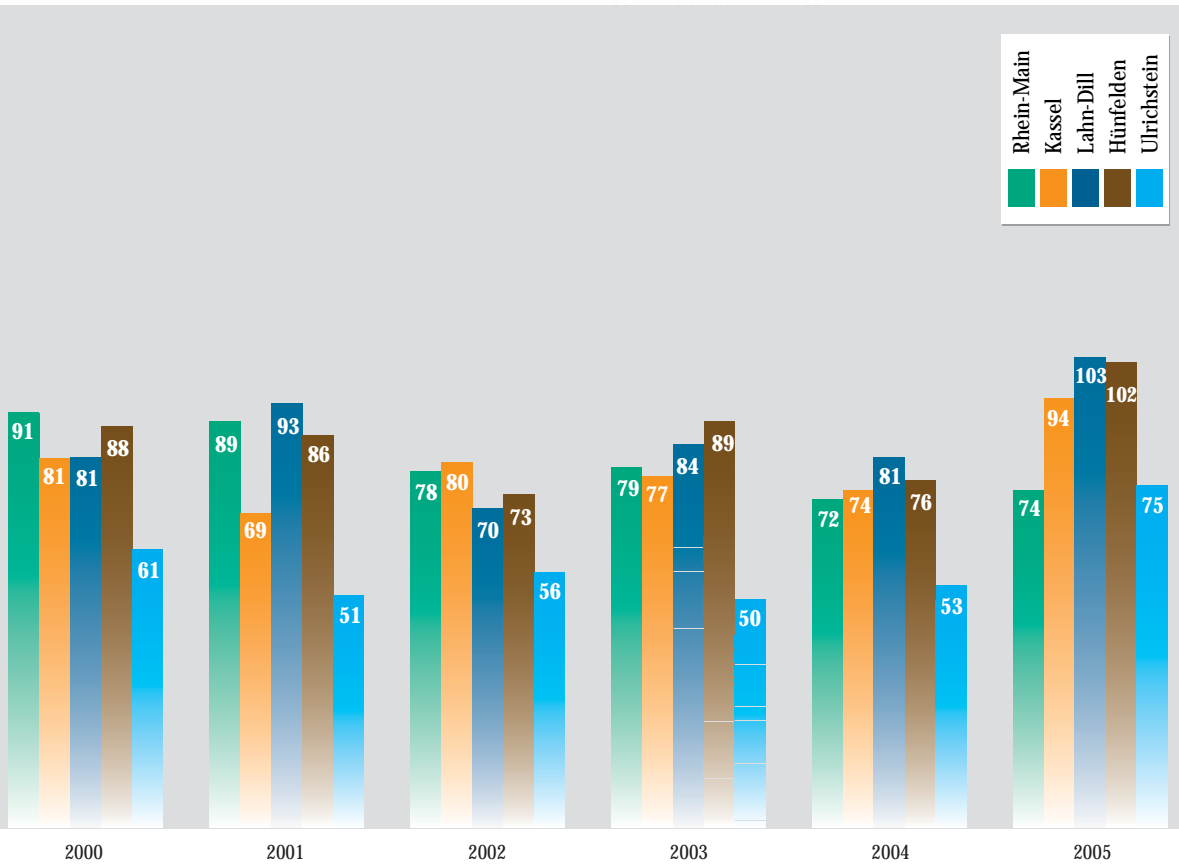
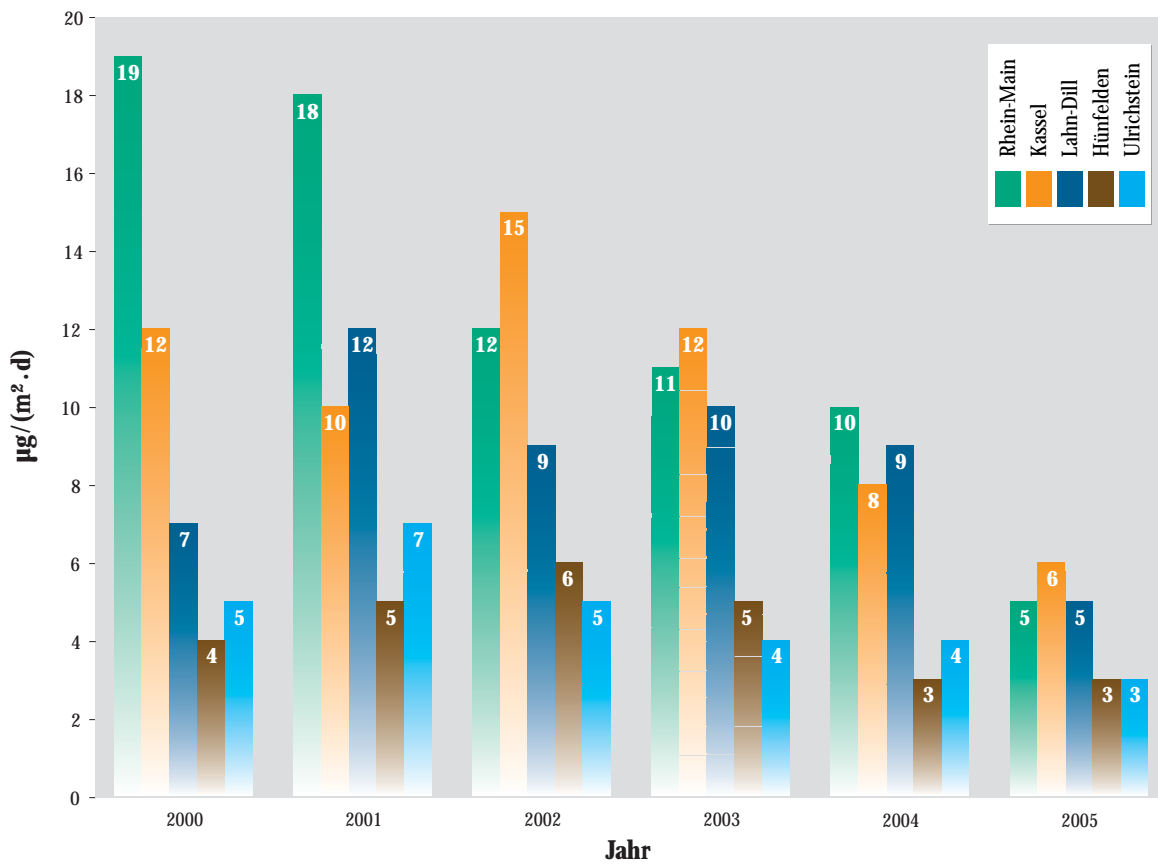


Abb. 31: Depositionszeitreihen – Deposition Arsen (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).



**Abb. 30:** Depositionszeitreihen – Gesamtdeposition (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).



**Abb. 32:** Depositionszeitreihen – Deposition Blei (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

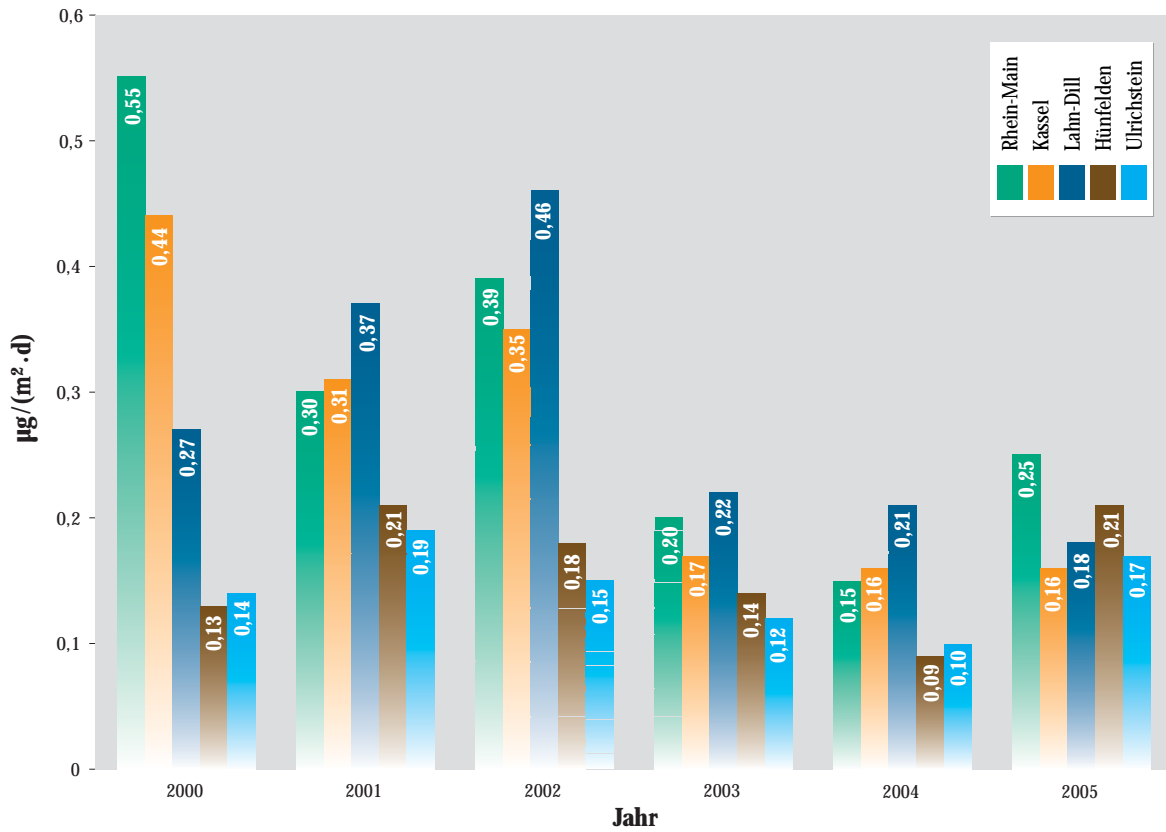


Abb. 33: Depositionszeitreihen – Deposition Cadmium (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

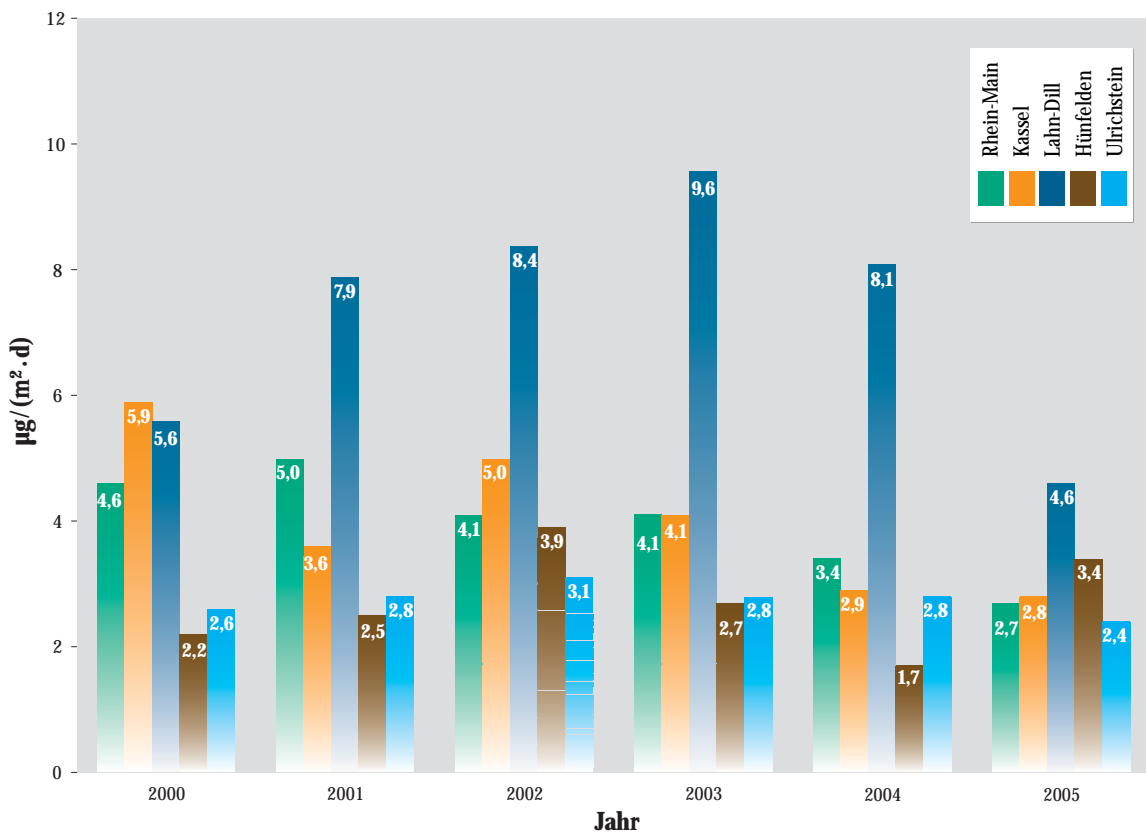


Abb. 34: Depositionszeitreihen – Deposition Nickel (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

### 2.5.3 Erholungsflächen

#### Erholungsflächen in Agglomerations- und ver- städterten Räumen

Anteil der Erholungs- und Friedhofsflächen an den Siedlungs- und Verkehrsflächen in Agglomerationsräumen und verstädterten Räumen

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Der Indikator Erholungsflächen in Agglomerations- und verstädterten Räumen betrachtet Flächen innerhalb stärker verdichteter Gebiete (die sogenannten Agglomerations- und verstädterten Räume), die dazu geeignet sind, von der Bevölkerung für Freizeit und Erholung im Freien in der Umgebung des Wohnumfeldes genutzt zu werden. Diese Erholungsflächen sind kaum oder weniger versiegelte Flächen. Sie setzen sich aus Sportflächen, Grünanlagen und Campingplätzen zusammen. Auch Friedhofsflächen können Erholungsfunktion erfüllen und werden deshalb berücksichtigt. Für das lokale Kleinklima und die Grundwasserentstehung übernehmen Erholungsflächen eine wichtige Funktion. Für weniger mobile Bevölkerungsgruppen wie ältere und kranke (gehbehinderte) Menschen, Kinder und Menschen ohne eigenes Kraftfahrzeug sind Erholungsflächen in der Wohnumgebung für eine aktive Freizeitgestaltung und Erholung im Freien und somit für die Gesundheitsvorsorge wichtig. Der Zugang zu wohnortnahen, ausreichend großen und attraktiven Erholungsflächen kann zur Reduzierung des Freizeitverkehrs und somit zum Klimaschutz beitragen. Darüber hinaus erhöhen Erholungsflächen die Wohnqualität und tragen zu einer stärkeren Durchgrünung der Agglomerationsräume und verstädterten Räume bei. Dies kann als weicher Standortfaktor auch die Standortentscheidung von Unternehmen beeinflussen. Die Entwicklung des Erholungsflächenanteils ist ein Indikator für die Gesundheitsvorsorge und den Klimaschutz.

#### Definition

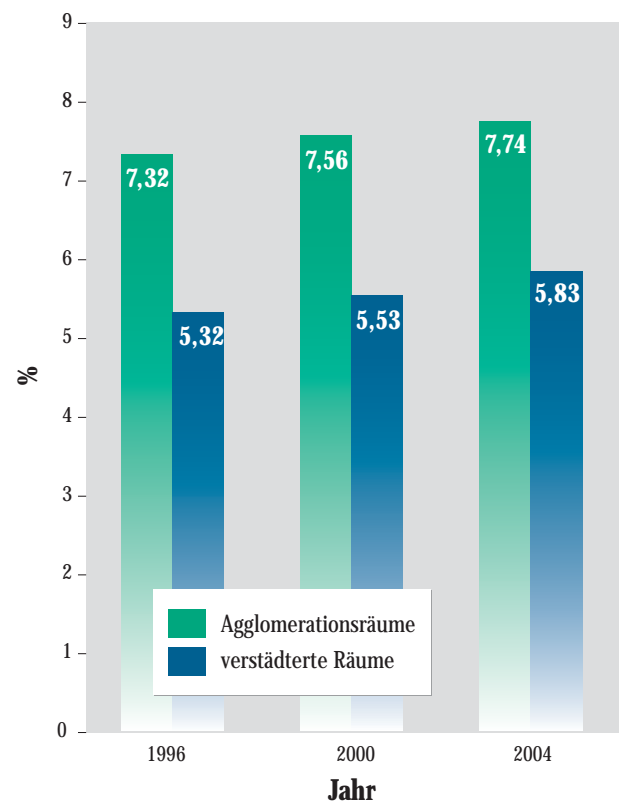
Erfasst wird der Anteil der Erholungs- und Friedhofsflächen in % an den Siedlungs- und Verkehrsflächen in Agglomerationsräumen und verstädterten Räumen. Agglomerationsräume stellen eine Zusammenfassung von Regionen mit Oberzentren größer als 300 000 Einwohner oder einer Bevölkerungsdichte größer als 300 Ein-

wohner/km<sup>2</sup> dar; verstädterte Räume fassen Regionen mit Oberzentren größer als 100 000 Einwohner oder einer Bevölkerungsdichte größer als 150 Einwohner/km<sup>2</sup> bei einer Mindestdichte von 100 Einwohnern/km<sup>2</sup> zusammen. Siedlungs- und Verkehrsflächen sind die Summe aus Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche (ohne Abbau-land), Erholungsfläche, Verkehrsfläche sowie Friedhofsfläche. Die Daten stehen alle vier Jahre zur Verfügung und werden vom Hessischen Statistischen Landesamt in der Flächenerhebung (tatsächliche Nutzung) zusammengestellt.

#### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretations- hinweise

Der Anteil der Erholungsflächen an den Siedlungs- und Verkehrsflächen ist in Hessen sowohl in den Agglomerations- als auch in den verstädterten Räumen leicht ansteigend.

Somit ist davon auszugehen, dass bei neuen Bau-  
maßnahmen Erholungsräume nicht in Anspruch ge-



**Abb. 35:** Erholungsflächen in Agglomerations- und verstädterten Räumen – Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV)  
(Datenquelle: Hessisches Statistisches Landesamt).

nommen werden bzw. Ausgleichsmaßnahmen stattfinden. Bezogen auf die gesamte Landesfläche lag der Anteil der Agglomerationsräume in Hessen im Jahr 2000 bei 35,3 %, verdichtete Räume nahmen 53,0 % ein.

## 2.5.4 Ökologische Landwirtschaft

### Ökologische Landwirtschaft

Anteil der Flächen mit ökologischer Landwirtschaft an der landwirtschaftlich genutzten Fläche

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Der Boden ist Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen. Er dient als Filter für das Grundwasser. Einträge in den Boden über die Luft, das Wasser oder durch direkte Einbringung können den Boden in seinen Funktionen beeinträchtigen.

Im ökologischen Landbau kommt dem Boden besondere Bedeutung zu. Die Steigerung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit durch Kulturmaßnahmen ist Grundlage einer dauerhaften Ertragsfähigkeit und damit einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Der konsequente Verzicht auf den Einsatz naturfremder, chemisch-synthetischer Hilfsmittel schont die Gewässer und trägt zur Vielfalt der Arten und Lebensgemeinschaften bei. Die EG-Öko-Verordnung beinhaltet die Grundregeln des ökologischen Landbaus,

festgelegt für die Erzeugung von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen, Tieren und tierischen Erzeugnissen, Bienenhaltung und Imkereierzeugnissen, die zulässigen Betriebsmittel, eine Liste der Stoffe, die bei der Herstellung ökologischer Lebensmittel verwendet werden dürfen, Rahmenvorschriften zur Kennzeichnung und Werbung und ein Kontrollverfahren zur Überwachung dieser Vorschriften. Damit gibt sie für den ökologischen Landbau in der Europäischen Union einen einheitlichen Standard für Agrarerzeugnisse und Lebensmittel sowohl pflanzlicher als auch tierischer Herkunft vor.

#### Definition

Der Indikator gibt den Anteil der ökologisch bewirtschafteten Flächen in Hessen an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) an. Grundlage hierfür ist die EG-Öko-Verordnung (Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel; EG-Öko-Verordnung 2092/91). Die bundesweiten Daten werden von der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft (ZMP) jährlich veröffentlicht. Seit 1996 liegen für Hessen konsistente Daten vor. Daten für die landwirtschaftlich genutzte Fläche werden vom Hessischen Statistischen Landesamt (HSL) geführt.

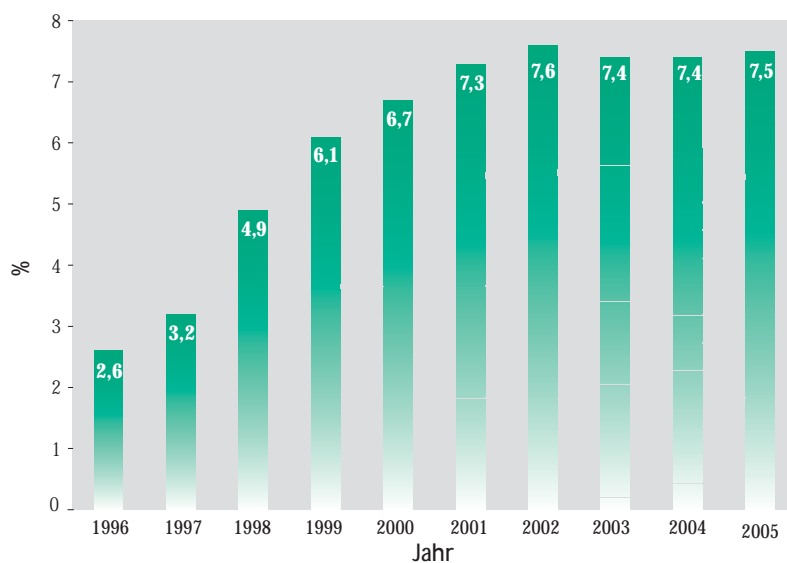


Abb. 36: Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (Datenquelle: ZMP/HMULV, HSL).

#### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die nach ökologischen Vorschriften bewirtschaftete Fläche ist in Hessen seit 1996 bis 2002 prozentual um fast das Dreifache angewachsen. Seit 2002 stagniert die Entwicklung mit geringfügigen Schwankungen auf diesem Niveau, das jedoch erheblich über dem Bundesdurchschnitt von 4,7 % (2005) liegt.

Der ökologische Landbau wurde in Hessen insbesondere durch flächenbezogene Beihilfen nach dem Hessischen Kulturlandschaftsprogramm (HEKUL) unterstützt. Damit wurden Umstellungen auf bzw. die Beibehaltung

ökologischer Anbauverfahren gefördert. Die positive Entwicklung belegt den Erfolg der hessischen Fördermaßnahmen. Ab dem 01.01.2007 werden diese

Flächenprämien nach dem Hessischen Integrierten Agrarumweltprogramm (HIAP), das die auslaufenden Förderprogramme HEKUL und HELP ersetzt, gezahlt.

## 2.6 Schutz natürlicher Ressourcen

### 2.6.1 Biologische Gewässergüte

#### **Biologische Gewässergüte – Saprobienindex**

Anteil der Fließstrecke von Fließgewässern mit erreichtem Zielwert „mäßig belastet“ (Gewässergüteklasse II) oder besser

#### **Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

Wasser ist lebensnotwendig für Menschen, Tiere und Pflanzen. Es unterliegt komplexen Naturgesetzen und befindet sich in einem ständigen Kreislauf. Der gute ökologische und chemische Zustand der oberirdischen Gewässer sowie der gute chemische und mengenmäßige Zustand des Grundwassers sind wesentliche Ziele des Gewässerschutzes. Anthropogene Einträge in Gewässer beeinträchtigen und verändern deren Lebensraumfunktionen, mit Folgen für Artenspektrum und biologische Vielfalt. Andauernd hohe Nährstoffeinträge beispielsweise führen zu einer Eutrophierung, d. h. einer Nährstoffanreicherung, und damit verbunden gegebenenfalls zu einem übermäßigen Wachstum von Wasserpflanzen und Algen. Einträge können durch verschiedene Tätigkeiten verursacht werden, so zum Beispiel Einleitungen aus Kläranlagen, Nährstoffeinträge durch landwirtschaftliche Aktivitäten oder Abwärmeeinträge durch die Energiewirtschaft.

Die biologische Gewässergüte nach LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) lässt vor allem Beeinträchtigungen von Fließgewässern durch biologisch leicht abbaubare Stoffe und sich hieraus ergebende Defizite des Sauerstoffhaushaltes erkennen. Bei der Überwachung der Fließgewässer diente die biologische Gewässergüte bisher (auch dieser Indikator

wurde entsprechend der neuen Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie weiterentwickelt) als Leitparameter für die Beschaffenheit der Gewässer schlechthin und wurde als Hauptinstrument herangezogen, um Handlungsbedarf und Sanierungserfolge zu erkennen.

#### **Definition**

Grundlage des Verfahrens ist die biologische Gewässergüteuntersuchung auf der Basis des Saprobienindex (DIN 38 410). Hierzu werden die im Gewässer vorkommenden Arten des Makrozoobenthos, also im Wesentlichen Organismen des Gewässerbodens wie Insektenlarven, Krebse, Egel, etc. erfasst. Entsprechend der Empfindlichkeit der vorhandenen Arten gegenüber der Beeinträchtigung des Sauerstoffhaushaltes können diese als sogenannte Bioindikatoren (Zeigerorganismen) zur Erfassung des Belastungszustandes herangezogen werden. Ergänzend fließen physiographische und chemische Eigenschaften des Fließgewässers mit in die Bewertung ein. Gemäß LAWA ließ sich der Belastungszustand des Gewässers in sieben Gewässergüteklassen klassifizieren (I: „unbelastet bis sehr gering belastet“ bis IV: „übermäßig verschmutzt“, mit drei Zwischenstufen). Untersuchungen zur biologischen Gewässergüte werden in Deutschland in etwa 5-jährlichem Turnus bundesweit durchgeführt. Die Ergebnisse werden für Hessen seit 1974 in kartografischer Form (biologische Gütekarte) herausgegeben, dargestellt in Güteklassen. Als Datenbasis werden die von den Bundesländern an die LAWA für den Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland übermittelten Daten aus deren Gewässermessnetz<sup>11</sup> herangezogen. Für Hessen

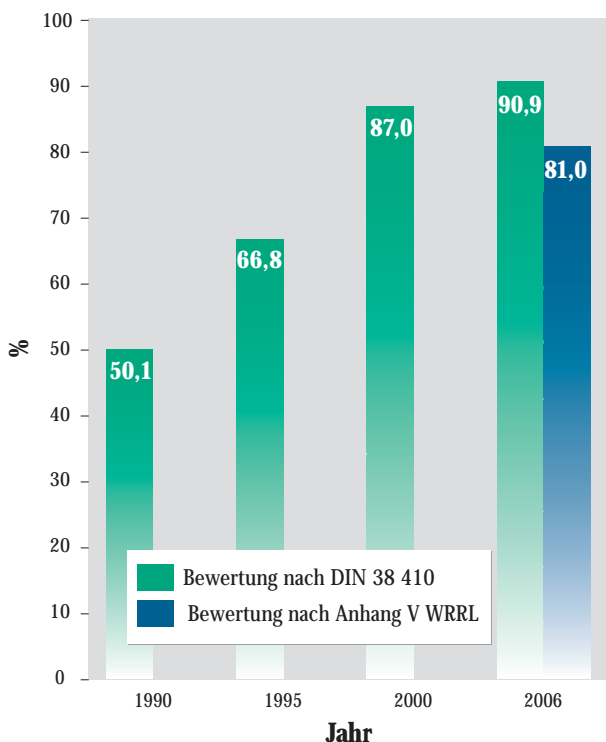
<sup>11</sup> Zur Veranschaulichung: Die Auswahl der Gewässer für den bundesweiten Gewässergüteatlas umfasst i. d. R. Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet  $\geq 400\text{--}500\text{ km}^2$ . Die Auswahl der Untersuchungsgebiete wird außerdem den einleiterrelevanten Bedingungen angepasst.

ermittelt das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie die biologische Gewässergüte. Als Indikator wird derzeit noch der Anteil der Fließstrecke von hessischen Fließgewässern (Einzugsgebiet  $\geq 500 \text{ km}^2$ ) mit dem Belastungszustand „mäßig belastet“ (Gewässergüteklasse II) oder besser dargestellt (siehe Weiterentwicklung des Indikators).

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Der biologische Zustand der hessischen Gewässer hat sich seit 1990 deutlich verbessert, der Anteil der Fließstrecke mit höchstens mäßiger Belastung (Gewässergüteklasse II oder besser) ist von 50 auf 91 % angestiegen.

Zurückzuführen ist die insgesamt positive Entwicklung zum einen auf Gewässerschutzmaßnahmen, die auf eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse



**Abb. 37:** Biologische Gewässergüte (Saprobienindex). Anteil der Fließstrecke von Fließgewässern (Einzugsgebiet  $\geq 500 \text{ km}^2$ ) mit Gewässergüteklasse II oder besser (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

durch Verminderung der organischen Verunreinigungen zielten. Zum anderen wurde der Nährstoffeintrag (Phosphor- und Stickstoffverbindungen) durch die Verwendung von phosphatfreien Wasch- und Reinigungsmitteln, aber auch durch den Bau von Phosphor- und Stickstoffeliminierungsstufen der Kläranlagen reduziert. Aufgrund der gestiegenen Anforderungen nach WRRL (siehe Weiterentwicklung) erhöht sich der Handlungsbedarf nun jedoch auch bezüglich der Gewässergüte. Ausdrücklich zu betonen ist somit, dass die in der obigen Abbildung aus Vergleichsgründen dargestellte Entwicklung der Gewässergüte nicht mehr den Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und dem Hessischen Wasser-gesetz (6. Mai 2005) entspricht.

### Weiterentwicklung des Indikators

Mit der im Dezember 2000 in Kraft getretenen EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG wurden an die Gewässerbewertung und -bewirtschaftung neue und umfassendere Anforderungen gesetzt. Im Grundsatz fordert die Richtlinie einen guten Zustand der Gewässer. Dabei wird die Zielerreichung am Vorhandensein der gewässertypischen Tiere (Fische und Makrozoobenthos) und Pflanzen (Wasserpflanzen und Algen), der chemischen Qualität, aber auch nach technischer Realisierbarkeit und wirtschaftlicher Verhältnismäßigkeit bemessen. Hinsichtlich der Bewertung der Gewässergüte werden die Ergebnisse des Saprobienindex jetzt ebenfalls in fünf ökologische Zustandsklassen überführt. Durch Berücksichtigung von typspezifischen Klassengrenzen wird zudem der Tatsache Rechnung getragen, dass beispielsweise ein Saprobienindex von 2,2 (innerhalb des bisherigen Qualitätsziels der Güteklasse II) in einem großen Fluss keine beeinträchtigende Belastung indiziert. Hingegen muss in einem Mittelgebirgsbach mit einem hohen physikalischen Sauerstoffeintrag bei einem Wert von 2,2 bereits von einer merklichen Belastung ausgegangen werden.

Im Hinblick auf die Gewässergüte liegt somit der Anteil der Fließstrecken von Fließgewässern (Einzugsgebiet  $> 500 \text{ km}^2$ ) ohne weiteren Handlungsbedarf nicht bei 91 % (Gewässergüteklasse II oder besser), sondern bei 81 % (guter oder sehr guter ökologischer Zustand).

## 2.6.2 Wasserqualität des Grundwassers – Nitratgehalt

### **Wasserqualität des Grundwassers – Nitratgehalt**

Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten des Grundwassers von 0 bis < 25 mg/l, 25 bis < 50 mg/l und  $\geq$  50 mg/l

#### **Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004, abweichende Messnetzauswahl**

In Hessen hat das Grundwasser für die Wasserversorgung eine überragende Bedeutung: 95,2 % des für die Öffentlichkeit bereitgestellten Trinkwassers stammen aus dem Grundwasser. Es spielt jedoch nicht nur in wasserwirtschaftlicher Hinsicht eine außerordentlich wichtige Rolle, sondern muss auch als wesentlicher Bestandteil des Wasserkreislaufs und hinsichtlich seiner großen Bedeutung für Ökosysteme gesehen werden. Nährstoffeinträge in das Grundwasser beeinträchtigen und verändern seine Lebensraumfunktionen, andauernd hohe Einträge führen zu einer Eutrophierung, d. h. einer Nährstoffanreicherung, und damit verbunden gegebenenfalls zu einem übermäßigen Wachstum von Wasserpflanzen. Zudem sind hohe Nitratwerte im Trinkwasser gesundheitsschädlich; daher sieht die Trinkwasserverordnung<sup>12</sup> einen Richtwert von 25 mg/l Nitrat und einen Grenzwert von 50 mg/l Nitrat im Trinkwasser vor.

Die Nitratkonzentrationen im Grund- und Rohwasser sind nicht primär auf hydrogeologische Gegebenheiten zurückzuführen. Deswegen kann der Nitratgehalt im Grundwasser als wichtiger Indikator für die menschliche Beeinflussung des Grundwassers angesehen werden. Mit der Nitratbelastung als Indikator lassen sich die Auswirkungen von Schutzmaßnahmen zur Verminderung des Eintrages diffuser Stoffe aus der Landwirtschaft auf die Grundwasserbeschaffenheit dokumentieren. Insbesondere die Resultate von Veränderungen in landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen (verringerte, gewässerunverträgliche Stickstoffdüngung in Wasserschutzgebieten oder auf Flächen des ökologischen Landbaus) werden langfristig durch die Entwicklung der Nitratgehalte im Grundwasser belegt. Die Zeitreihe auf Grundlage des hessischen Grundwassermess-

netzes ermöglicht die Darstellung eines aussagekräftigen Bildes der Grundwasserqualität auf Landesebene.

#### **Definition**

Datengrundlage für den Indikator ist das gesamte hessische Grund- und Rohwassermessnetz (etwa 5 000 Messstellen). Dargestellt wird die Anzahl der Messstellen mit Nitratgehalten des Grund- und Rohwassers von 0 bis < 25, 25 bis < 50 und  $\geq$  50 mg Nitrat pro Liter. Die Messstellen werden in der Regel einmal jährlich untersucht. Liegen von einer Messstelle mehrere Messwerte pro Jahr vor, wird das Jahresmittel gebildet.

Der hessische Indikator weicht vom gleich lautenden UMK-Indikator in der Auswahl der Messstellen ab. Letzterer wertet für die Darstellung der Grundwasserqualität die bundesweit 800 Messstellen aus, die jährlich für die Europäische Umweltagentur EUA unter anderem auch auf Nitrat beprobt werden (entspricht etwa einer Messstelle pro 500 km<sup>2</sup>; für Hessen 49 Messstellen). Außerdem kategorisiert der UMK-Indikator die Ergebnisse nach der Anzahl der Messstellen mit Konzentrationen > 25 mg NO<sub>3</sub>/l und > 50 mg NO<sub>3</sub>/l.

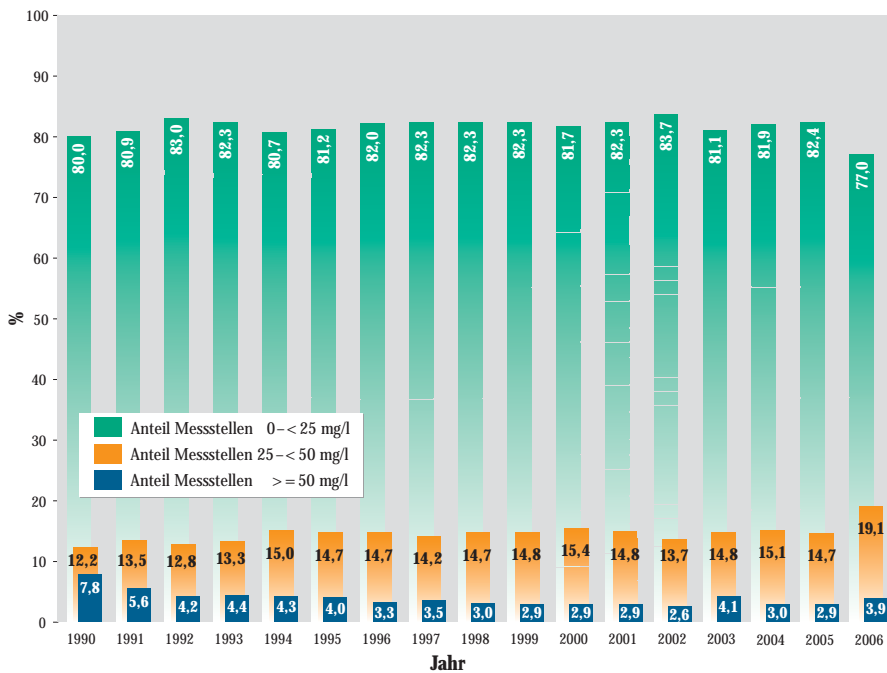
#### **Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Die Entwicklung der Anteile der Messstellen mit Gehalten von 0 bis < 25 mg NO<sub>3</sub>/l und 25 bis < 50 mg NO<sub>3</sub>/l ist nahezu indifferent. Eine Verbesserung ist seit 1990 bei den am stärksten belasteten Messstellen, also mit Konzentrationen  $\geq$  50 mg NO<sub>3</sub>/l, zu beobachten. Das Jahr 2006 zeigt demgegenüber einen leichten Anstieg der Nitratkonzentrationen und damit einhergehend eine Verschiebung der Messstellenanteile. Allerdings kann daraus noch kein Trend abgelesen werden.

Zur Beurteilung der Entwicklung der Nitratbelastung des Grundwassers müssen u. a. hydrogeologische und hydrochemische Bedingungen als Einflussfaktoren sowie Stoffeinträge durch die Landnutzung im

<sup>12</sup> Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (TrinkwV 2001) vom 21.05.2001, BGBl. I, 959





**Abb. 38:** Wasserqualität des Grundwassers – Nitratgehalt. Anteil der Messstellen des hessischen Grundwassermessnetzes mit 0- < 25, 25- < 50 und  $\geq$  50 mg NO<sub>3</sub>/l (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

Einzugsgebiet einer Messstelle beachtet werden. Auch jährliche Unterschiede in der Grundwasserneubildung können sich auf die Nitratbelastung auswirken, so dass längerfristige Beobachtungen für eine Trendaussage erforderlich sind.

### Weiterentwicklung des Indikators

Für den Indikator ist die weitere Entwicklung im Hinblick auf die Umsetzung der WRRL zu beachten: Nach WRRL wird zukünftig der „gute Zustand“ der Grundwasserkörper dargestellt werden (differenziert nach gutem chemischen und gutem mengenmäßigen Zustand). Die in der WRRL explizit genannten Parameter beschränken sich auf den Gehalt an Nitrat und Pflanzenschutzmitteln. In der Grundwasserrichtlinie, die am 16.01.2007 in Kraft getreten ist (sogenannte Tochtrichtlinie), wurden weitere Güteparameter festgelegt, die zusätzlich zur Beurteilung der Grundwasserqualität herangezogen werden.

### 2.6.3 Reinigungsleistung kommunaler Abwasseranlagen

#### Belastungen aus kommunalen Abwasseranlagen

Reinigungsleistung der kommunalen Abwasseranlagen

Zielsetzung der Ableitung und Behandlung der kommunalen Abwässer ist es, die Gewässer und auch den Boden vor schädlichen Verunreinigungen zu schützen und deren Nutzung und die dortigen Lebensgemeinschaften möglichst nicht zu beeinträchtigen. Werden Oberflächengewässer mit Nährstoffen aus kommunalem Abwasser oder aus der Abschwemmung landwirtschaftlicher Flächen (Düngung) übermäßig belastet, spricht man von Eutrophierung (Überdüngung). Durch das vermehrte pflanzliche Wachstum und Absterben wird bei den anschließenden Zersetzungsprozessen viel Sauerstoff verbraucht, organische Verunreinigungen können nicht mehr von aeroben Bakterien abgebaut werden. Anaerobe Bakterien übernehmen den Abbau und produzieren dabei toxische Stoffe wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder Methan. Das Gewässer beginnt „umzukippen“ (Fischsterben, Geruchsbelästigung). Die Verringerung der Phosphorbelastung hat eine besondere Bedeutung bei der Vermeidung von Eutrophierung: Unter natürlichen Verhältnissen wirkt der Nährstoff Phosphor als limitierender Faktor für die Eutrophierung. Wird das Phosphorangebot begrenzt, können die Stickstoffnährstoffe nicht von den Pflanzen verwendet werden, selbst wenn sie in großer Menge vorhanden sind. Mit der Senkung der Phosphoreinleitung in Gewässer kann daher die Eutrophierung wirkungsvoll kontrolliert werden.

In Hessen sind 98,7 % der Bevölkerung an mechanisch-biologische Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossen (Stand: Dezember 2004). Die Anlagen, die für mehr als 10 000 Einwohnerwerte (EW) ausgelegt sind, müssen mit Reinigungsstufen zur Reduzierung von Stickstoff (Nitrifikation, Denitrifikation) und Phosphor ausgestattet sein. Auch für die Anlagen mit mehr als 5 000 EW wird infolge Begrenzung des Ammoniumstickstoffs in der Abwasserverordnung eine zumindest teilweise Nitrifikation gefordert. Sofern weitergehende gewässerbezogene Anforderungen gestellt werden, müssen auch kleinere Anlagen entsprechend ausgerüstet sein. Kommunale Abwasserbehandlungsanlagen reinigen die Abwässer aus Haushaltungen oder ähnlichen Einrichtungen gemeinsam mit dem über die Kanalisation abfließenden Niederschlagswasser, soweit dieses im Regenwetterfall nicht eine bestimmte Zulaufmenge überschreitet, zwischengespeichert und gegebenenfalls über Entlastungsanlagen aufgrund der großen Niederschlagswassermenge dem Gewässer zugeschlagen wird. In kommunalen Kläranlagen werden auch Abwässer aus Gewerbe und Industrie mitgereinigt, die nach den Anforderungen der Abwasserverordnung zumeist bereits in betriebseigenen Behandlungsanlagen (vor-)behandelt wurden und die anschließend über das öffentliche Kanalnetz der kommunalen Kläranlage zugeführt werden (Indirekteinleiter).

**Definition**

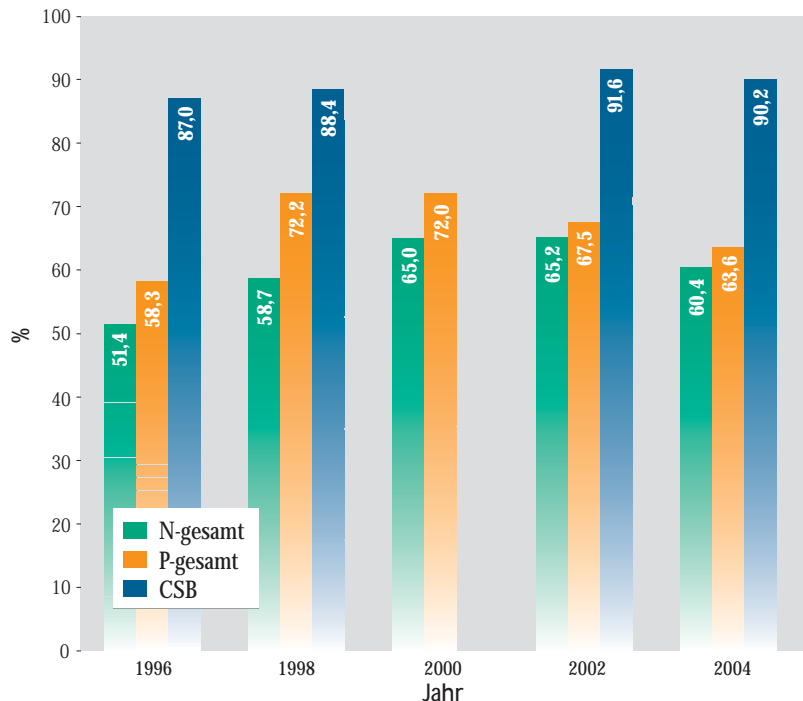
Als Leitparameter für die Belastungen, die mit dem gereinigten Abwasser in die Oberflächengewässer eingeleitet werden, werden folgende Summenparameter dargestellt:

- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB): Der CSB ist ein Maß für die Summe aller organischen Stoffe im Wasser, einschließlich der schwer abbaubaren.
- Gesamt-Stickstoff (N-gesamt): N-gesamt stellt die Summe des organischen Stickstoffs, des Ammoniumstickstoffs, des Nitrit- und Nitratstickstoffs dar.
- Gesamt-Phosphor (P-gesamt): P-gesamt erfasst die Summe aller Phosphorverbindungen.

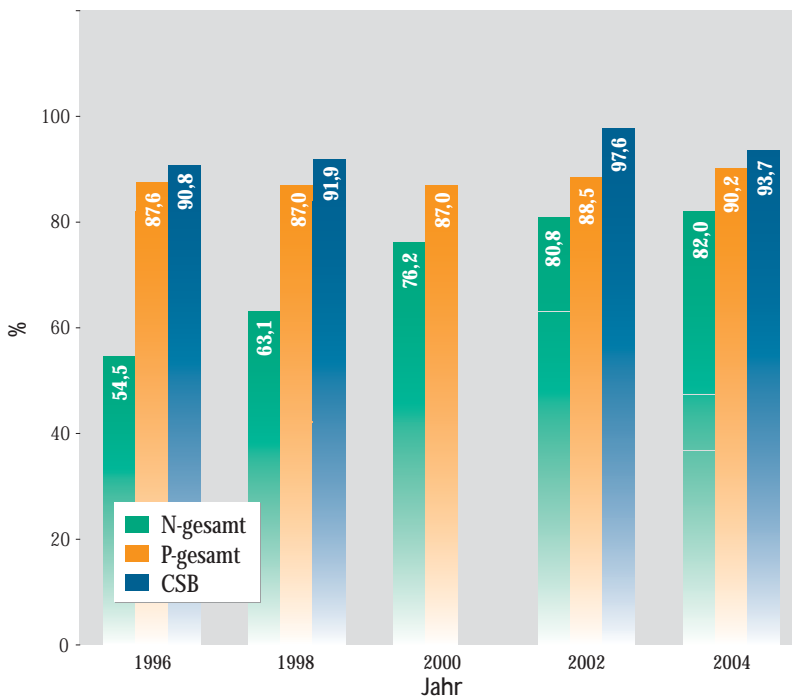
Dargestellt wird die Reinigungsleistung (Quotient aus den Gesamt-Ablauf- und Gesamt-Zulaufmengen) in Prozent [%]. Für die Parameter Stickstoff und Phosphor greift der Indikator auf zu Jahresmittelwerten zusammengefasste Werte aus der staatlichen Überwachung der kommunalen Kläranlagen zurück. Der Parameter CSB wird über zu Jahresmittelwerten zusammengefasste Werte aus der Eigenüberwachung der Kläranlagenbetreiber gemäß Eigenkontrollverordnung (EKVO) dargestellt (für 2000 liegen hier keine Auswertungen vor). Zusammengefasst werden die Ergebnisse in den 2-jährlichen Lageberichten an die Europäische Union nach EG-Kommunalabwasser-Richtlinie 91/271/EWG (seit 1996).

**Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

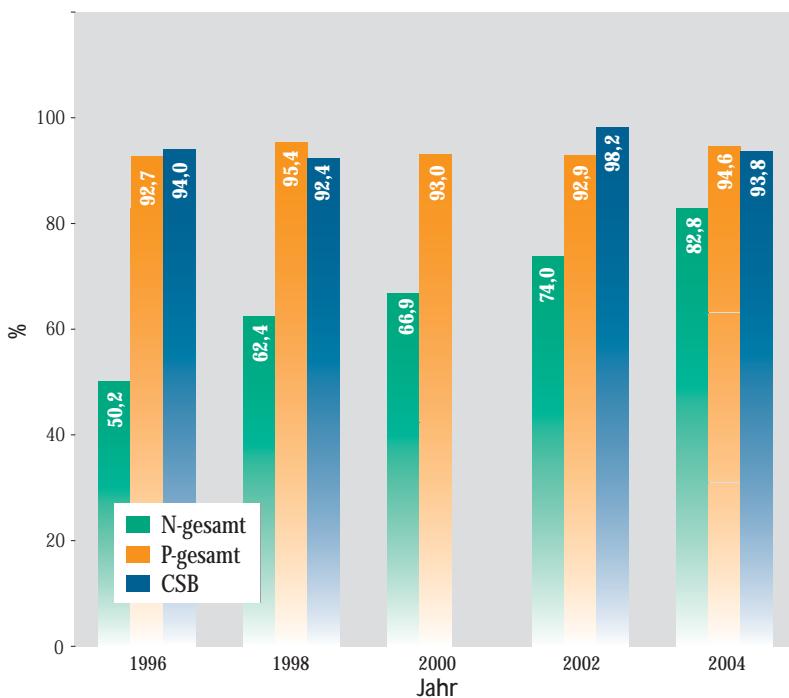
Bei kleineren Anlagen der Ausbaugröße 2 000–10 000 EW schwankt die Stickstoff- und Phosphor-Elimination und ist seit dem Jahr 2000 bzw. 2002 leicht zurückgegangen. Bei der Ausbaugröße 10 000–100 000 EW konnte die Reinigungsleistung für alle drei Parameter nahezu kontinuierlich verbessert werden. Bei den größten Anlagen hat sich die



**Abb. 39:** Reinigungsleistung kommunaler Abwasseranlagen – Ausbaugröße 2 000–10 000 EW (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).



**Abb. 40:** Reinigungsleistung kommunaler Abwasseranlagen – Ausbaugröße 10.000 – 100.000 EW (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).



**Abb. 41:** Reinigungsleistung kommunaler Abwasseranlagen – Ausbaugröße > 100.000 EW (Datenquelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

Gesamt-Stickstoff-Elimination von 50,2 % (1996) auf 82,8 % (2004) Reinigungsleistung verbessert. Die Abbauraten für CSB stagniert auf hohem Niveau. Für alle Ausbaustufen ist der positive Trend der Reinigungsleistung aus den Grafiken ersichtlich, vor allem für den Parameter CSB ist die Abbauraten sehr hoch.

In den letzten Jahren wurden viele hessische Kläranlagen zusätzlich mit einer Denitrifikationsstufe und/oder mit einer Phosphor-Elimination ausgestattet, so dass die Reinigungsleistung der hessischen Abwasseranlagen insgesamt verbessert werden konnte. Der aus Wasch- und Reinigungsmitteln stammende Anteil an Phosphaten wurde bereits durch das Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (WRMG) von 1987 deutlich gemindert. Zu beachten ist, dass im Hinblick auf die EG-Richtlinie 91/271/EWG nur Anlagen > 10 000 EW zusätzlich zur Reduzierung der organischen Belastung für eine Nährstoffreduzierung (Stickstoff und Phosphor) ausgerüstet sein müssen, so dass in der Ausbaugröße 2 000–10 000 EW die Stickstoff- und Phosphor-Elimination schwankt. Für alle Ausbaugrößen gilt, dass sich Schwankungen in der Reinigungsleistung beispielsweise durch niederschlagsreiche Jahre oder aus Starkregenereignissen ergeben können, dies gerade auch vor dem Hintergrund der relativ seltenen Messungen (nur 2–6 Messungen pro Jahr), die die staatliche Überwachung vorsieht.

#### 2.6.4 Naturschutzgebiete

##### Streng geschützte Gebiete des Naturschutzes

Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche

**Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004**

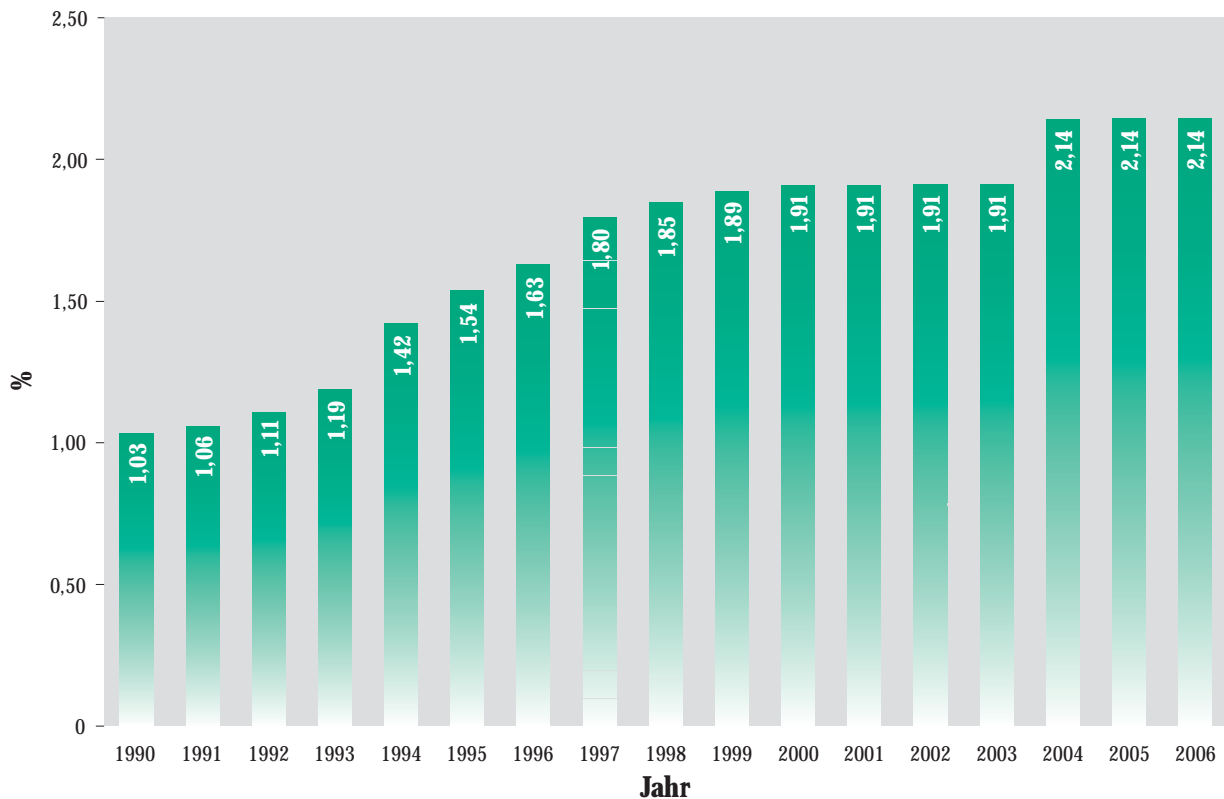
Um die biologische Vielfalt nachhaltig zu sichern, sind ausreichend große Flächen erforderlich, auf denen sich die Natur ohne belastende Eingriffe des Menschen entfalten kann – streng geschützte Gebiete mit „Vorrang für Natur“. Die Ausweisung von Schutzgebieten gehört deshalb zu den wichtigsten Instrumenten des Naturschutzes. Ihr Flächenanteil gibt Hinweise zu den Aktivitäten zur Erhaltung, Wiederherstellung und Entwicklung von Existenzmöglichkeiten für empfindliche Arten und Biotope. Allerdings macht der Indikator keine Aussagen zur Qualität der Gebiete und hat insofern nur eine begrenzte Aussagekraft, da in vielen Gebieten der tatsächliche Zustand nicht den Anforderungen entspricht, die an Vorrangflächen eigentlich zu stellen sind.

**Definition**

Erfasst wird der Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche. Die Angabe erfolgt als Flächenanteil in Prozent. Zur Berechnung werden folgende Flächen einbezogen:

- Naturschutzgebiete (NSG) gemäß § 23 BNatSchG
- Nationalparke gemäß § 24 BNatSchG (nur Kern- und Pflegezonen, die wie NSG geschützt sind)
- Biosphärenreservate gemäß § 25 BNatSchG (nur Kern- und Pflegezonen, die wie NSG geschützt sind).

Wenn sich verschiedene Schutzkategorien überschneiden, wird der mehrfach geschützte Flächenanteil nur einmal mitgezählt. Die Definition berücksichtigt nur Kategorien, die im Bundesnaturschutzgesetz definiert und insofern bundesweit einheitlich vorgegeben sind. Die Gebiete gemeinschaftlicher Bedeutung (sogenannte FFH-Gebiete) werden, soweit sie nicht Naturschutzgebiet, Nationalpark oder Biosphärenreservat sind, nicht zusätzlich berücksichtigt. Eine fortschreitende rechtliche Sicherung der FFH-Gebiete durch die Ausweisung als Naturschutzgebiet, Nationalpark oder Biosphärenreservat kann sich daher auch in Zukunft in einer Veränderung des Indikators widerspiegeln. Die Landesfläche wird nach dem Amtlichen Lie-



**Abb. 42:** Anteil der streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche (Datenquelle: Hessen-Forst FENA, Naturschutz 3/2007; HSL).

genschaftsbuch angegeben. Die geforderten Flächenangaben für die streng geschützten Gebiete des Naturschutzes wurden dem NATUREG (Naturschutzregister) mit dem jeweiligen Stichtag 31.12. eines Jahres entnommen und von Hessen-Forst FENA berechnet.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Der Anteil der streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche ist seit 1990 von 1,03 % der Landesfläche bis auf 2,14 % im Jahr 2006 angestiegen.

Ein deutlicher Anstieg im Jahr 1994 ist auf die Einrechnung des Biosphärenreservats Rhön zurückzuführen. Obwohl bereits 1991 ein Rahmenkonzept durch die UNESCO mit einer Zonierung entwickelt worden war, wurde ein abgestimmtes Rahmenkonzept für Schutz, Pflege und Entwicklung erst 1994 vorgelegt. Ab diesem Zeitpunkt wurden die entsprechenden Flächen – Kernzone und Pflegezone A des Biosphärenreservats – einbezogen. Im Jahr 2004 bedingt die Einrichtung des Nationalparks Kellerwald-Edersee den Anstieg der Flächen von 1,91 % auf jetzt 2,14 %.

### Weiterentwicklung des Indikators

Aufgrund der Einschränkungen der Aussagekraft des Indikators zur Qualität von Naturschutzgebieten wird mittelfristig angestrebt, den Indikator um Informationen zum Zustand der Naturschutzflächen zu erweitern.

## 2.6.5 Waldflächenbilanz

### Waldflächenbilanz – Staats-, Kommunal- und Privatwald

Landesweite Waldflächenbilanz: Zu- und Abgänge an Waldfläche

Hessen ist mit einem Bewaldungsanteil von 42 % seiner Landesfläche das relativ walddreichste Bundesland Deutschlands. Wälder sind die großflächigsten Ökosysteme in Hessen und haben erhebliche Bedeu-

tung für den Arten- und Biotopschutz. Sowohl für Klima als auch für Wasserhaushalt und Bodenschutz erfüllen Wälder wichtige Funktionen. Darüber hinaus dienen sie der Erholung der Bevölkerung, sind Lebensraum für viele Arten und als Rohstofflieferant ein wichtiger Wirtschaftsfaktor.

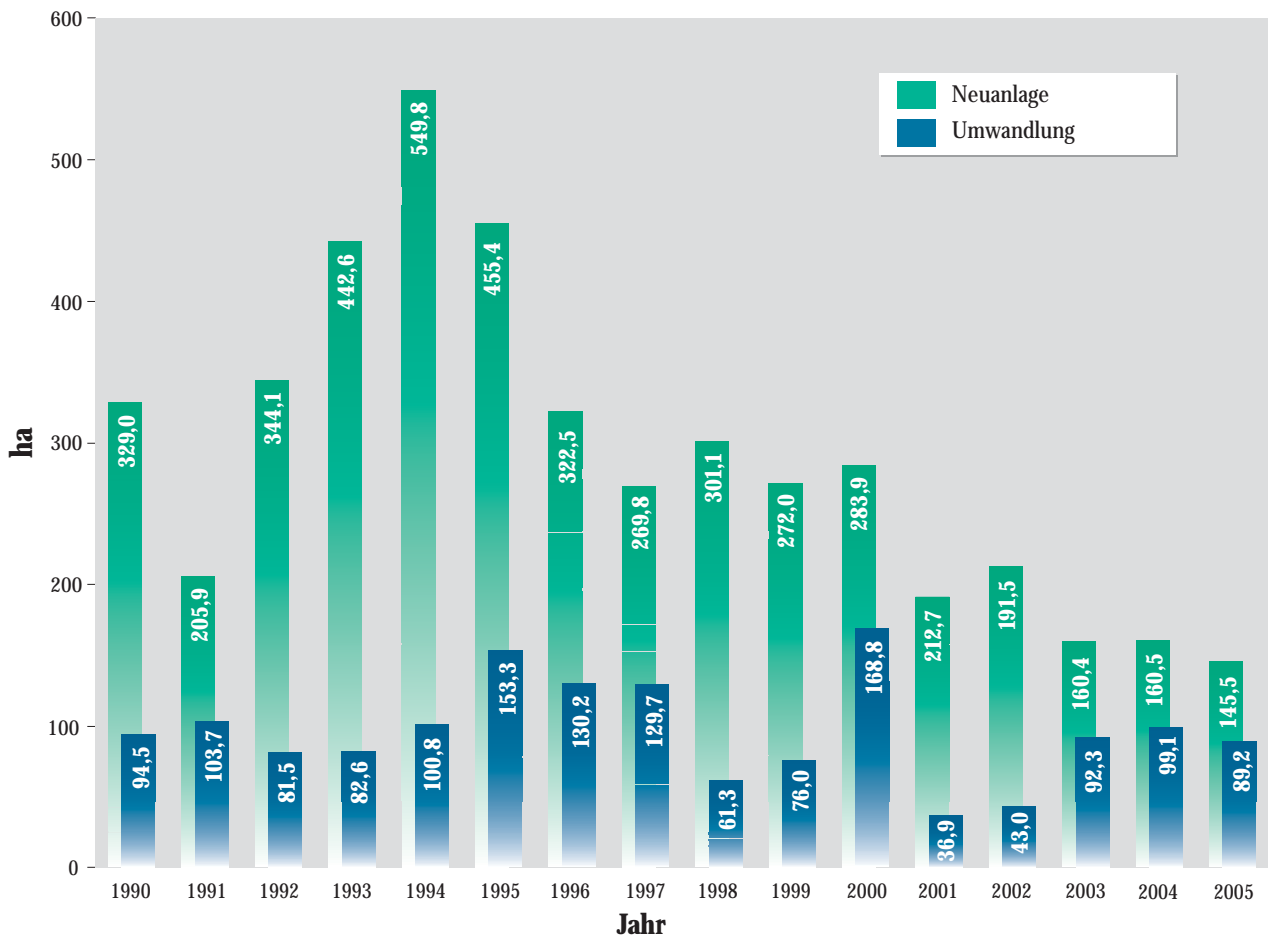
Der Indikator dient dazu, grundlegende Informationen zum Wald und dessen flächenmäßiger Entwicklung in Hessen bereitzustellen. Waldflächen in Hessen befinden sich in staatlichem, kommunalem oder privatem Besitz. Die Inanspruchnahme von Flächen durch konkurrierende Nutzungen betrifft in erster Linie Wald und landwirtschaftliche Flächen. Daraus leitet sich die Bedeutung einer quantitativen Beobachtung der unterschiedlichen Flächenanteile in Hessen ab. Die Waldflächenbilanz erfasst die jährlichen Veränderungen der Waldflächenzu- und -abgänge. Zur Waldfläche in Hessen, die sich in staatlichem, kommunalem oder privatem Besitz befindet, zählen nach Definition des Hessischen Forstgesetzes (siehe §1) neben den mit Waldbäumen und Gehölzen bestockten Flächen beispielsweise auch Waldwege, Waldwiesen und Wildäsungs- und Holzlagerflächen und anderweitig mit dem Wald verbundene oder ihm dienende Flächen. Die Waldfläche wird von den Forstämtern (Landesbetrieb Hessen-Forst) als untere Forstbehörde erhoben, die datenmäßige Erfassung beruht auf den Meldungen der jeweiligen Waldbesitzer. Für den Privatwaldbesitz sind die Angaben mit großen Unsicherheiten behaftet, da eine Meldepflicht nicht besteht. Der auf dieser Grundlage berechnete Anteil der Waldfläche an der Gesamtfläche des Landes (Bewaldungsprozent) ist ein Maß für die Naturraumgestaltung und die Belegung mit anderen Nutzungsansprüchen.

### Definition

Die landesweite Waldflächenbilanz erfasst seit 1945 die Zu- und Abgänge an Waldfläche im Staats-, Kommunal- und Privatwald. Ermittelt werden die Rodungs- (Umwandlungs-) und Waldneuanlageflächen pro Jahr. Die Flächenangaben erfolgen in ha, die Anteile werden in Prozent ausgewiesen.

### Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise

Die Waldfläche Hessens hat in den Jahren von 1990 bis 2005 einen stetigen Flächenzuwachs (Waldfläche 1990: 876 435 ha; 2005: 888 937 ha) erfahren. Das



**Abb. 43:** Waldflächenbilanz – Neuanlage und Umwandlung von Waldflächen (Datenquellen: Waldfläche, Waldflächenbilanz: HMULV; Landesfläche: HSL).

Bewaldungsprozent von 42,1 % im Jahr 2005 ist ein Maß für den durchschnittlich konstant hohen Waldanteil in Hessen. Die Waldflächenbilanz jedoch zeigt starke Schwankungen in der Zeitreihe. Die höchste Waldneuanlage wurde 1994 mit 549,8 ha erreicht. Die Neuanlage der Jahre 2003 und 2004 lag nahezu gleichbleibend bei 160,5 ha. Über den gesamten Zeitraum betrachtet stehen 1453,7 ha Waldrodungen (Umwandlungen) 4501,2 ha Waldneuanlagen gegenüber.

Regional gibt es dagegen sehr starke Unterschiede beim Bewaldungsprozent, insbesondere hat der Wald in den Verdichtungsräumen infolge erheblicher Eingriffe durch Infrastrukturmaßnahmen in demselben Betrachtungszeitraum fortwährend abgenommen. Bei den jährlichen Schwankungen der Neuanlagen geben vor allem agrarstrukturelle Förderungen den Ausschlag.

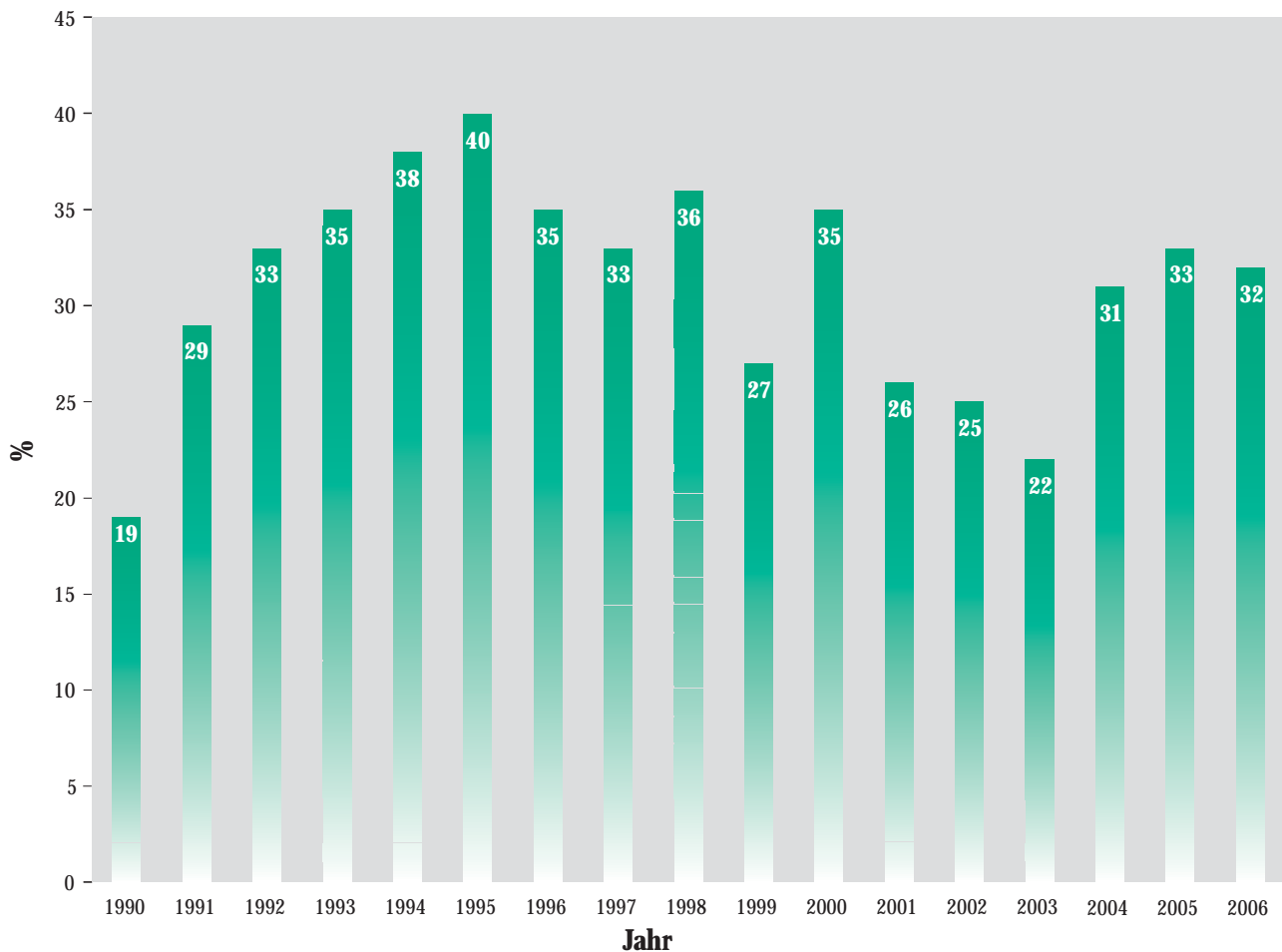
## 2.6.6 Waldzustand

### Waldzustand – durchschnittlicher Nadel- und Blattverlust

Anteil der deutlich geschädigten Bäume der Stufe 2 und größer (Kombinationsschadstufe 2–4)

#### Indikator der UMK-Liste vom Mai 2004

Die unverzichtbare und landestypische Ressource Wald ist nachhaltig zu entwickeln, zu nutzen und zu schützen. Laubwälder, insbesondere Buchenwälder, prägen die hessische Mittelgebirgslandschaft – die Buche ist mit 41 % Flächenanteil die wichtigste Baumart in Hessen. In diesem Flächenanteil sind allerdings auch Anteile der Baumarten Esche, Ahorn und Ulme enthalten, die der Baumartengruppe Buche zugeordnet werden.



**Abb. 44:** Waldzustand – Anteil der Waldflächen der Schadstufe 2 und größer (Datenquelle: Waldzustandsberichte des HMULV).

Der Indikator erfasst die Entwicklung des Waldzustandes. Dabei ist zu beachten, dass es durch die komplexen Zusammenhänge der verschiedenen abiotischen und biotischen Faktoren im Ökosystem Wald nicht möglich ist, einen einzelnen Faktor als letztendliche Ursache der neuartigen Waldschäden verantwortlich zu machen. Unbestritten gilt aber, dass der Schadstoffeintrag aus der Luft sowie Depositionen im Niederschlag – aber auch die Witterung – eine besonders wichtige Rolle in diesem Ursachenkomplex spielen. Schadstoffeinträge in Wälder beeinflussen neben den oberirdischen Pflanzenteilen auch die Wurzeln der Bäume und führen zu Veränderungen im Wirkungsgefüge der Böden. In Wäldern ist die Gefahr der Versauerung besonders groß, da hier die Deposition von Säurebildnern besonders hoch ausfällt. Die Bäume käumen mit ihrer Blatt- bzw. Nadelmasse Gase und Staubpartikel förmlich aus der Luft aus, mit dem Niederschlagswasser gelangen die Schadstoffe in den Boden. Durch die große Oberfläche der Bäume werden

durch Deposition deutlich mehr Schwefel und Stickstoff eingetragen wie beispielsweise in Wiesen.

#### Definition

Für den Vitalitätszustand der Wälder dient der Kronenzustand als Weiser. Die Erfassung der Waldschäden basiert daher auf einer Beurteilung der Baumkronen. Als wichtigste Kriterien werden hierbei die Nadel-/Blattverluste (NBV) und die Vergilbung der Blattoorgane vom Boden aus eingeschätzt (Terrestrische Waldschadensaufnahme). Eine Zusammenführung dieser Schadkriterien ergibt fünf so genannte Kombinationsschadstufen (0 = ungeschädigt, 1 = schwach geschädigt, 2 = mittelstark geschädigt, 3 = stark geschädigt, 4 = abgestorben). Der Waldzustand wird in Hessen seit 1984 jährlich erfasst, die Erhebung wird in einem Raster von 8·8 km<sup>2</sup> durchgeführt. In der von den Waldschäden be-

sonders betroffenen Rhein-Main-Ebene erfolgt seit 1994 eine Sondererhebung im 4·4 km<sup>2</sup> Raster.

Dargestellt wird der Anteil der deutlich geschädigten Bäume aller Baumarten der Stufe 2 und größer (Kombinationsschadstufe 2–4). Eine positive Entwicklung des Indikators zeigt sich im Rückgang der deutlich geschädigten Bäume, also in einer Abnahme des Indikatorwertes.

### **Beschreibung der Zeitreihen und Interpretationshinweise**

Seit Mitte der 90er Jahre deutete sich bis 2003 eine Verbesserung des Waldzustandes an, unterbrochen von zwei Jahren mit stärkerem Schädigungsgrad der

Bäume (1998, 2000; u. a. durch die starke Fruktifikation der Buche in diesen Jahren beeinflusst). In den Jahren 2004 und 2005 verschlechterte sich der Waldzustand erheblich. In 2006 zeichnet sich eine leichte Erholung des Kronenzustandes ab. Der mittlere Nadel-/Blattverlust beträgt 2006 landesweit 24 % gegenüber 26 % im Vorjahr und hat sich somit leicht verbessert, befindet sich allerdings immer noch auf einem hohen Niveau.

Die Verschlechterung des Waldzustandes 2004 und 2005 ist eine Folge des Rekordsommers 2003 mit extrem trocken-warmer Witterung. Jedoch ist besonders bei den jungen bis 60-jährigen Bäumen durch den Rückgang der Kronenverlichtung eine weitgehende Regeneration festzustellen.

## **3 Ausblick**

Mit der vorliegenden Veröffentlichung wird die Basis für eine kontinuierliche indikatorengestützte Umweltberichterstattung geschaffen. Außerdem wird der Verbreitung von Umweltinformationen gemäß Hessischem Umweltinformationsgesetz (HUIG) vom 14. Dezember 2006 entsprochen, wonach die Öffentlichkeit in angemessenem Umfang aktiv und systematisch über die Umwelt unterrichtet werden soll.

Auch kann die vorliegende Veröffentlichung einen Beitrag zur Erfüllung der Anforderungen gemäß § 14 UVP-Gesetz und zur Beobachtung der Umweltauswirkungen im Rahmen des EFRE-Programms (Europäischer Fond für regionale Entwicklung) liefern.

Umweltindikatoren sind eine wichtige Grundlage, um Auskunft über Zustand und Entwicklung der Umwelt Hessens im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu erhalten. Sie dienen der Evaluation und unterstützen einen gezielten und effektiven Ressourceneinsatz bei der Umsetzung von Maßnahmen. In kurzer und anschaulicher Art und Weise informieren sie über Umweltzustand und -entwicklungen.

Auch wenn mit der vorliegenden Veröffentlichung der erste Schritt getan ist, sind insbesondere in den Themenbereichen Bodenschutz, Lärmschutz und

Entwicklung der Artenvielfalt Ergänzungen vorgesehen.

Der Bodenschutz ist ein äußerst wichtiger Bereich, für den eine Vielzahl regional differenzierter Daten vorliegt, es methodisch jedoch sehr schwierig ist, daraus eine Aussage zu Zustand und Belastung der Böden für ganz Hessen abzuleiten.

Für den Bereich Lärmschutz sind bisher für Hessen lediglich die Ergebnisse einer Umfrage aus den Jahren 2004 und 2006 zum subjektiven Lärmempfinden der Bevölkerung vorhanden. In Zukunft sollen die Ergebnisse und Erhebungen aus der Umgebungslärmrichtlinie für einen Indikator zum Lärmschutz herangezogen werden. Dazu liegen derzeit jedoch noch keine ausreichenden Daten vor.

Die Erfassung der Entwicklung der Artenvielfalt nach einem Vorschlag des Länderarbeitskreises Kernindikatoren (LIKI), der sich auf die Betrachtung ausgewählter Vogelarten der sogenannten Normallandschaft stützt, erfordert einen hohen Aufwand bei der Datenerhebung und kann noch nicht bereit gestellt werden.

Infolge neuer Vorgaben wird es auch Weiterentwicklungen bei den Abfall-Indikatoren geben. Erhebliche Veränderungen sind des Weiteren durch



die neuen Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie zu erwarten. Am Beispiel des Indikators zur biologischen Gewässergüte (Saprobienindex) konnte bereits vergleichend der bisherigen Berechnung des Indikators die neue Berechnung nach WRRL für das Jahr 2006 gegenübergestellt werden.

Eine regelmäßige Datenfortschreibung der in die-

sem Bericht vorgelegten 25 Umweltindikatoren ist daher ebenso geplant wie die Entwicklung neuer Indikatoren entsprechend den sich fortentwickelnden Anforderungen an ein Umweltmonitoring. Um eine zeitnahe Information über die neuesten Entwicklungen zu erreichen, soll die Fortschreibung der hessischen Umweltindikatoren zukünftig auch im Internet zur Verfügung gestellt werden.

## 4 Verzeichnis der Abkürzungen

AG UGRdL	Arbeitsgruppe Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder	HMULV	Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
BfN	Bundesamt für Naturschutz	HSL	Hessisches Statistisches Landesamt
BGBL	Bundes-Gesetzblatt	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes	KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
BIP	Bruttoinlandsprodukt	LAK	Länderarbeitskreis
BLAG NE	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Nachhaltige Entwicklung (ehemals BLAK (Bund-Länder-Arbeitskreis) NE)	LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	LIKI	Länderinitiative Kernindikatoren
BNatSchG	Bundes-Naturschutzgesetz	NSG	Naturschutzgebiet
DIN	Deutsche Industrie-Norm	PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
DLM	digitales Landschaftsmodell	PEV	Primärenergieverbrauch
DUX	Deutscher Umweltindex	PSR-Indikatoren	Pressure-, State-, Response-Indikatoren
DWD	Deutscher Wetterdienst	SuV	Siedlungs- und Verkehrsflächen
EFRE	Europäischer Fond für regionale Entwicklung	TA Luft	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft)
EKVO	Eigenkontrollverordnung	TrinkwV	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung)
ESVG	Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen	UBA	Umweltbundesamt
FENA	Landesbetrieb Hessen-Forst, Forsteinrichtung und Naturschutz	UMK	Umweltministerkonferenz
FEST	Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft	UStatG	Umweltstatistikgesetz
FFH	Fauna, Flora, Habitat	UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
FSC	Forest Stewardship Council	VGRdL	Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
GMBL	Gemeinsames Ministerialblatt	WRMG	Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz)
HEKUL	Hessisches Kulturlandschaftsprogramm	WRRL	EG-Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie)
HELP	Hessisches Landschaftspflegeprogramm		
HIAP	Hessisches Integriertes Agrarumweltprogramm		

## 5 Glossar

Abfallmengenbilanzen	dokumentieren die Entwicklung der Abfallmengen in Hessen, die den Entsorgungspflichtigen (Landkreise und kreisfreie Städte) zu überlassen bzw. dem Zentralen Träger (HIM GmbH) anzudienen sind sowie über private Entsorgungsträger entsorgt werden. Die Bilanzen geben Aufschluss über die im Berichtszeitraum angefallenen Abfälle nach Art, Menge und Herkunft sowie ihre Verwertungs- und sonstigen Entsorgungswege.
abiotisch	abgeleiteter Begriff für Unbelebtes bzw. nicht durch Lebewesen Bedingtes. In der Ökologie fasst man Licht, Wärme, Wasser, mechanische und chemische Faktoren als abiotische Faktoren zusammen.
aerobe Bakterien	Bakterien, deren Stoffwechselprozesse nur in Gegenwart von molekularem Sauerstoff ablaufen
Agglomerationsräume	hier: Regionen mit Oberzentren größer als 300 000 Einwohner oder einer Bevölkerungsdichte größer als 300 Einwohner/km <sup>2</sup>
Aggregation	Zusammenfassung bzw. Verdichtung verschiedener Daten oder Messgrößen zu übergeordneten Kennzahlen mittels gewisser Regeln. Sie dient dem Ziel einer räumlich, zeitlich und/oder sachlich komprimierteren Darstellung.
anaerobe Bakterien	Bakterien, deren Stoffwechselprozesse ohne Sauerstoff ablaufen
anthropogen	bezeichnet alles den Menschen betreffende, durch den Menschen verursachte oder hergestellte. Zu den anthropogen gebildeten Stoffen zählen z. B. viele Pflanzenschutzmittel, Kunststoffe oder Chlorfluorkohlenwasserstoffe.
Begleitschein	Der Begleitschein (= Abfallbegleitschein) ist ein Formular zur Nachweissführung über entsorgte Abfälle gemäß Nachweisverordnung. Er dokumentiert die tatsächlich durchgeführte Entsorgung (Verbleibskontrolle) von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen oder von der Behörde als nachweispflichtig eingestuften Abfällen. Mit dem Abfallbegleitschein werden Abgabe bzw. Übernahme des im Abfallbegleitschein genannten Abfalls durch die am Entsorgungsvorgang Beteiligten (Abfallerzeuger, -beförderer, -entsorger) bestätigt und gegenüber der Behörde dokumentiert.
Biodiversität	bezeichnet die Vielfalt der Arten auf der Erde, die Vielfalt innerhalb der Arten (genetische Unterschiede zwischen Individuen und Populationen) sowie die Vielfalt von Ökosystemen (gemäß Übereinkommen über Biologische Vielfalt) (Synonym: biologische Vielfalt)
biogen (biotisch)	biologischen oder organischen Ursprungs
Bioindikatoren	Zeigerorganismen. Organismen oder Organismengemeinschaften, die auf Schadstoffbelastungen mit Veränderung ihrer Lebensfunktionen antworten bzw. den Schadstoff akkumulieren. Von Bioindikatoren spricht man auch, wenn sich Organismen(gemeinschaften) mit bestimmten Umweltfaktoren so eng korrelieren lassen, dass sie als Zeiger dafür verwendet werden können.
biologische Vielfalt	siehe Biodiversität
Biosphärenreservat Rhön	Das Biosphärenreservat Rhön ist in unterschiedliche Zonen (Kernzone, Pflegezone, Entwicklungszone) eingeteilt. Die Kernzone enthält Landschaftsausschnitte, die dem vom Menschen unbeeinflussten Naturzustand sehr nahe kommen, wie z. B. Moore, Basaltblockhalden und Laubwälder. Diese Lebensräume bleiben sich selbst überlassen, natürliche Prozesse sollen sich hier frei entfalten. Die Pflegezone umfasst neben der Kernzone die ökologisch wertvollsten Landschaftsteile, die höchsten Schutz genießen.

Bruttoinlandsprodukt (BIP)	Maß für die wirtschaftliche Leistung einer Volkswirtschaft. Das BIP gibt alle neu zur Verfügung stehenden Waren und Dienstleistungen zu ihren aktuellen Marktpreisen an, die im Inland innerhalb einer definierten Periode von In- und Ausländern hergestellt wurden und dem Endverbrauch dienen.
Controlling	umfassendes Steuerungs- und Koordinationskonzept zur Unterstützung verantwortlicher Stellen bei einer ergebnisorientierten Planung und Umsetzung unternehmerischer Aktivitäten
Denitrifikation	die durch bestimmte Bakterien (Denitrifikanten) unter anaeroben Bedingungen, also in Abwesenheit von Sauerstoff, hervorgerufene Umwandlung von Nitraten und Nitriten in Stickoxide bzw. Stickstoff. In der Abwasserreinigung und Trinkwasseraufbereitung ist die Denitrifikation erwünscht, da die gelösten Stickstoffverbindungen in gasförmige Verbindungen umgewandelt werden und so aus dem Wasser entweichen.
Deposition	Vorgang des Entfernens von Luftschadstoffen aus der Atmosphäre. Man spricht auch von Selbstreinigung der Atmosphäre.
DUX	Kennwert, der in einer einzigen Zahl den Entwicklungstrend des Umweltschutzes in Deutschland berechnet. Der DUX setzt sich aus sechs Indikatoren aus den Bereichen Klima, Luft, Boden, Wasser, Ressourcen sowie Energie/Rohstoffe zusammen und bezieht die relativen Zielerreichungen jedes Einzelindikators in die Berechnung ein.
Effizienz	rationaler Umgang mit knappen Ressourcen, allgemein als Verhältnis zwischen erreichtem Ergebnis (Output) und dafür benötigtem Mitteleinsatz (Input) definiert
Eigenkontrollverordnung	regelt die Kontrolle der Einleitung von Abwässern
Emissionen	Vorgang des Freisetzens von Luftschadstoffen in die Atmosphäre
Endenergieverbrauch	Der Endenergieverbrauch gibt Auskunft über die Verwendung von Primär- und Sekundärenergieträgern in bestimmten Verbrauchergruppen, soweit sie unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dienen. Energetisch und energieökonomisch handelt es sich jedoch noch nicht um die letzte Stufe der Energieverwendung. Es folgen noch die Nutzenergiestufe (z. B. Nutzung als Licht, Wärme) und die Energiedienstleistungen.
Entsorgungsnachweis	Mit Hilfe des Entsorgungsnachweises wird bereits vor Beginn der Entsorgung die Zulässigkeit des vorgesehenen Entsorgungsweges geprüft. Er ist grundsätzlich für jeden einzelnen Abfall eines Erzeugers zu führen, sofern es sich um einen besonders überwachungsbedürftigen Abfall handelt oder die zuständige Behörde den Entsorgungsnachweis im Einzelfall angeordnet hat.
Eutrophierung	Anstieg der Nährstoffzufuhr in Gewässern mit übermäßigem Pflanzenwachstum (umgangssprachlich: Überdüngung von Gewässern)
Evaluation	bedeutet allgemein die Beschreibung, Analyse und Bewertung von Prozessen und Organisationseinheiten
FFH-Gebiete	Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie, Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (92/43/EWG), geändert durch Richtlinie 97/62/EG des Rates vom 27. Oktober 1997) ist eine Naturschutz-Richtlinie der Europäischen Union. Auf der Basis dieser Richtlinie stellen die Bundesländer Listen von Schutzgebieten, die sogenannten FFH-Gebiete, zusammen. Die Flächen sollen primär unter dem Kriterium des Arten- und Habitatschutzes zusammengestellt

	werden und umfassen auch schon bestehende Schutzgebiete nach dem Bundesnaturschutzgesetz. Bei der Auswahl haben die Länder einen naturschutzfachlichen Ermessensspielraum. Es dürfen aber keine anderen als naturfachliche Aspekte bei der Auswahl eine Rolle spielen.
Flächenbilanz (Stickstoff)	Die Flächenbilanz bezieht sich im Gegensatz zur Gesamtbilanz nur auf den Überschuss auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und bilanziert nicht den im Stallbereich und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger in die Luft emittierten Stickstoff.
Fossil	Gegenstand oder Stoff, der aus der erdgeschichtlichen Vergangenheit stammt. Im Zusammenhang mit Energieträgern werden zu den fossilen Energieträgern Erdöl, Erdgas und Kohle gezählt, die vorwiegend aus Überresten pflanzlicher Biomasse entstanden sind.
Fragmentierung	Aufteilung eines Größeren in kleinere Teile, hier: Zerschneidung (der Landschaft)
Fruktifikation	Fruchtbildung
Geothermie	Erdwärme
Gesamtbilanz (Stickstoff)	Die Gesamtbilanz setzt sich zusammen aus Feld- und Stallbilanz.
Gesamtdeposition	Summe aus trockener und nasser Deposition
Gesamt-Forstbetriebsfläche	erfasst die reine Waldfläche
Grenzwert	verbindliche Vorgabe, die in Gesetzen, Verordnungen, Ausführungsbestimmungen geregelt ist. Eine Überschreitung dieses Wertes ist nicht zulässig.
Grundwasserkörper	Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) definiert einen Grundwasserkörper als ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter.
Immissionen	Luftverunreinigungen, die an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit auftreten
Immissionskataster	stellt die räumliche Verteilung der Jahresmittel- und Kurzzeitwerte von Immissionen für ein bestimmtes Gebiet dar
Index	In der statistischen Methodenlehre handelt es sich um eine dimensionslose Größe zur Darstellung von zeitlichen Entwicklungen oder räumlichen Unterschieden im Vergleich zu einem Referenzpunkt. In der Indikatorendiskussion versteht man darunter einen einzigen, umfassenden, hochaggregierten Indikator oder Schlüsselindikator für einen abgegrenzten Themenbereich.
klimatologische Referenzperiode	umfasst in der Regel 30 Jahre, um die statistischen Kenngrößen der verschiedenen klimatologischen Parameter mit befriedigender Genauigkeit bestimmen zu können
Korrelation	Beziehung zwischen zwei oder mehr statistischen Variablen, die jedoch nichts über eine ursächliche Beeinflussung aussagt
Landeswaldfläche	Waldfläche einschließlich Wege, Wiesen, Truppenübungsplätze etc.
Leguminosen	Hülsenfrüchtler, die nach den Gräsern die wirtschaftlich wichtigste Pflanzenfamilie sind
linearer Trend	Trendlinien werden zur grafischen Anzeige von Datentrends sowie zur Analyse von Prognoseproblemen herangezogen. Die Zuverlässigkeit einer Trendlinie ist dann am größten, wenn deren Bestimmtheitsmaß 1 beträgt oder in der Nähe von 1 liegt. Eine lineare Trendlinie ist eine optimierte gerade Linie, die für einfache lineare Datenmengen verwendet wird. Die zugehörige Funktion passt

	den als Matrizen „Y“ und „X“ übergebenen Werten eine Gerade an (nach der Methode der kleinsten Quadrate). Eine lineare Trendlinie zeigt normalerweise die gleichmäßige Zunahme oder Abnahme von Werten.
Makrophyten	höhere Wasserpflanzen, die im Gewässerboden des Uferbereichs (Litoral) wurzeln
Makrozoobenthos	Als Benthos wird die Gesamtheit der im Benthos (Gewässerboden) lebenden Organismen bezeichnet. Unter Makrozoobenthos werden die dort lebenden tierischen Organismen bis zu einer definierten Größe (mit dem Auge noch erkennbar) zusammengefasst.
Nachhaltigkeit	Nach einer allgemeinen Definition im Bericht der sogenannten Brundtland-Kommission (1987) ist eine nachhaltige Entwicklung eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können. Mit der Agenda 21, einem Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert, wurde ein Handlungsprogramm zur Umsetzung der Nachhaltigkeit vorgelegt und nachhaltige Entwicklung zum global geltenden Leitbild erhoben.
Nachweispflicht	siehe Entsorgungsnachweis
nasse Deposition	Auswaschen von Partikeln durch Regen, Schnee oder Nebel
Nitrifikation	die biologische Oxidation von Ammoniak über Nitrit (Nitritation) zu Nitrat (Nitratation). Sie erfolgt durch nitrifizierende Bakterien unter aeroben Bedingungen.
Ökosystem	umfasst die Gesamtheit der Lebewesen (Biozöosen) und ihre unbelebte Umwelt, den Lebensraum (Biotop), in ihren Wechselbeziehungen.
Parameter	Kenngroße
Partikel	feste Teilchen unterschiedlicher Größe und chemischer Zusammensetzung. Man teilt sie nach ihrem aerodynamischen Durchmesser ein (< 10 µm (PM10) – inhalierbarer Schwebstaub; < 2,5 µm (PM2,5) – lungengängiger Feinstaub; < 0,1 µm (UP) – ultrafeine Partikel).
Partizipation	Einbindung und freiwillige Mitwirkung von Individuen in Entscheidungs- und Willensbildungsprozessen auf allen Ebenen des politischen Systems
Phänologie	periodische Wachstums- und Entwicklungserscheinungen aller pflanzlichen und tierischen Lebewesen in ihren zeitlichen Abhängigkeiten. Die Phänologie untersucht die Entwicklung der Pflanzen und Tiere im Jahresablauf. Bei Pflanzen sind dies z. B. Daten für Blattentfaltung, Blüte oder Fruchtreife und bei Tieren Daten für periodische Wanderungen oder bestimmte Verhaltensweisen.
Phosphor-Elimination	ein Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung zur Entfernung von Phosphor-Verbindungen aus Abwässern
Photooxidantien	reaktive Stoffe, die in der Umwelt vielfache chemische Reaktionen auslösen können, welche zur Luftverschmutzung beitragen
physiographisch	die Natur und Landschaft beschreibend
Phytobenthos	Unter Phytobenthos versteht man die Pflanzen der Gewässerböden (Benthos). Dieser Bewuchs wird hauptsächlich durch Algen gebildet.
PM10	Feinstaub oder inhalierbare Feinstaubpartikel, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer (µm) ist
PM2,5	Feinstaub oder lungengängige Feinstaubpartikel, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer (µm) ist

Primärenergie	bezeichnet die Endenergiemenge zuzüglich des Energieanteils aus den vorgelagerten Produktionsschritten (Gewinnung des Heizöls, Erzeugung des Stroms usw.). Die Berücksichtigung der vorgelagerten Prozesse ist notwendig, um die Umweltauswirkungen unterschiedlicher Energiearten (z. B. Strom oder Gas oder Heizöl) miteinander zu vergleichen.
Regenerationsrate	hier: Anteil der Rückgewinnung chemischer Stoffe
regenerative Energieträger	erneuerbare Energieträger wie z. B. Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Biomasse, Geothermie, Klär- und Deponiegas
Restmüllfraktion	Anteil des Restmülls an der gesamten Abfallmenge. Restmüll ist das trotz Abfallvermeidung bei der Getrenntsammlung von Wertstoffen (Altpapier, Altmetall, Altglas, Bioabfall, Leichtverpackungen usw.) noch anfallende Abfallgemisch aus Haushalten und Gewerbebetrieben.
Rohwasser	Begriff aus der Wasseraufbereitung, der das Wasser vor den Aufbereitungsschritten bezeichnet
Saprobie	Maß für die Verfügbarkeit organischer und anorganischer Nährstoffe in Gewässern, für die Biomasse und den Umsatz heterotropher Organismen (Organismen, die organische Substrate verwerten wie Tiere, Pilze und die Mehrzahl der Bakterien).
Saprobienindex	ein für Fließgewässer mit Hilfe des Saprobienindexsystems zu ermittelnder Wert zwischen 1 bis 4, der diese Gewässer anhand von Bioindikatoren hinsichtlich der Wirkung ihrer Inhaltsstoffe charakterisiert. Dabei wird die Zusammensetzung aquatischer Biozönosen erfasst und bewertet.
Sekundärrohstoffdünger	siehe Wirtschaftsdünger
Strahlungsintensität	bezeichnet die pro Zeiteinheit und pro Fläche senkrecht einfallende oder abgegebene Strahlung
Substitutionsrate	Der Ausdruck Substitution (von lateinisch: substituere = ersetzen) bezeichnet allgemein das Ersetzen einer bestimmten Sache durch eine andere.
Temperaturbereinigung	Um Entwicklungen unabhängig vom Einfluss der Temperaturschwankungen darstellen zu können, werden Zeitreihen einer Temperaturbereinigung unterzogen. Im Ergebnis wird ein fiktiver Wert dargestellt, der sich ergeben hätte, wenn die jährlichen Durchschnittstemperaturen konstant dem langjährigen Mittel entsprochen hätten.
Treibhauseffekt	umgangssprachlich: Erwärmung der Erde durch Treibhausgase und Wasserdampf in der Atmosphäre. Ursache des auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführenden Treibhauseffektes sind die Treibhausgase (s. Treibhausgasemissionen). Dies sind Gase, die zwar die kurzweilige Sonnenstrahlung ungehindert passieren lassen, die Wärmestrahlung der Erde aber teilweise reflektieren. Dadurch wirken sie wie eine wärmende Decke und erhöhen so die Erdoberflächentemperatur.
Treibhausgasemissionen	Treibhausgas(THG)-Emissionen bezeichnen die Emissionen der sechs sogenannten Kyoto-Gase Kohlendioxid CO <sub>2</sub> , Distickstoffoxid N <sub>2</sub> O, Methan CH <sub>4</sub> , teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe H-FKW bzw. HFC, perfluorierte Kohlenwasserstoffe FKW bzw. PFC, Schwefelhexafluorid SF <sub>6</sub> .
Treibhausgasinventar	erfasst die energetischen und nicht-energetischen CO <sub>2</sub> -Emissionen sowie fünf weitere Treibhausgase. Es berücksichtigt zudem die Aufnahme von CO <sub>2</sub> durch Wälder und landwirtschaftliche Böden (sogenannte CO <sub>2</sub> - oder Kohlenstoff-Senken). Die Treibhausgasinventare werden jährlich erstellt und als Grundlage

trockene Deposition	zur Beurteilung der Erreichung der Ziele zur Stabilisierung und Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen (nach Klimakonvention und Kyoto-Protokoll) herangezogen.
Umweltbarometer	bezeichnet die Sedimentation von Staubpartikeln ( $< 10 \mu\text{m}$ ) und die Ablagerung von Gasen und Aerosolen (Gemisch bestehend aus Luft sowie festen und flüssigen Schwebeteilchen)
Umweltindikator	Das Umweltbarometer soll die Entwicklung der Umweltsituation Deutschlands durch wenige Indikatoren abbilden. Es enthält neun Indikatoren aus den Bereichen Klima, Luft, Boden, Wasser, Mobilität, Artenvielfalt, Landwirtschaft, Energie und Rohstoffe.
Umweltmanagementsystem	Mess- oder Kenngröße, die Aussagen über den Zustand, die Bewertung oder die Entwicklung der Umwelt macht
Umweltmonitoring	ist der Teil eines Managementsystems einer Organisation (Unternehmen, Behörde usw.), in dem die Zuständigkeiten, Verhaltensweisen, Abläufe und Vorgaben zur Umsetzung der betrieblichen Umweltpolitik der Organisation strukturiert festgelegt sind.
Vegetationsperiode	regelmäßig wiederholtes Beobachten, Überwachen und Messen (Monitoring) des Zustandes der Umwelt
verstädterte Räume	Die Vegetationsperiode (Synonym für Vegetationszeit) wird definiert als derjenige Zeitraum des Jahres, in dem die Pflanzen photosynthetisch aktiv sind, d. h. wachsen, blühen und fruchten.
Wirkungsgradmethode	hier: Regionen mit Oberzentren größer als 100 000 Einwohner oder einer Bevölkerungsdichte größer als 150 Einwohner/km <sup>2</sup> bei einer Minstdichte von 100 Einwohnern/km <sup>2</sup>
Wirtschaftsdünger	Für einige Energieträger, für die es keinen Heizwert gibt (z. B. Wasserkraft, Windkraft und Kernenergie), kommt analog zur Bundesbilanz und in Angleichung an internationale Konventionen die Wirkungsgradmethode zum Einsatz. Danach wird die Kernenergie mit einem Wirkungsgrad von 33 %, Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Geothermie und weitere Energieträger werden mit 100 % bewertet. Beim Stromaustausch wird von einem Heizwert von 3 600 kJ/kWh ausgegangen.
Zertifizierung	Hierunter fallen die festen und flüssigen tierischen Ausscheidungen in der Landwirtschaft (Dung, Stallmist, Gülle/Jauche), aber auch die Gründüngung, Ernterückstände (z. B. Stroh, Rückstände aus der Obst- und Traubenverarbeitung), Kompost aus pflanzlichen Reststoffen und Klärschlamm. Diese Stoffe werden auch als Sekundärrohstoffe bzw. Sekundärrohstoffdünger bezeichnet.
Zielwert	bezeichnet ein Verfahren, mit dessen Hilfe die Einhaltung bestimmter Standards für Produkte/Dienstleistungen und ihrer jeweiligen Herstellungsverfahren einschließlich der Handelsbeziehungen nachgewiesen werden kann.
	angestrebter Wert, kein verbindlich vorgegebener Grenzwert

## 6 Literatur und Fundstellen im Internet

- Arbeitsgruppe Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder.  
<http://www.ugrdl.de> (Zugriff 29.01.2007)
- BLAK NE – Bund-Länder-Arbeitskreis nachhaltige Entwicklung (2004): Bericht des BLAK NE zur Entwicklung eines kohärenten Satzes von Kernindikatoren zur nachhaltigen Entwicklung.  
[http://www.blak-ne.de/dateien/dat\\_nr96\\_1.pdf](http://www.blak-ne.de/dateien/dat_nr96_1.pdf) (Zugriff 29.01.2007)
- Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin 2002.  
[http://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_\\_\\_Anlagen/perspektiven-fuer-deutschland-teil1,property=publicationFile.pdf](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/___Anlagen/perspektiven-fuer-deutschland-teil1,property=publicationFile.pdf) (Zugriff 29.01.2007)
- Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung – Fortschrittsbericht 2004. Berlin 2004.  
[http://www.bundesregierung.de/nsc\\_true/Content/DE/\\_\\_\\_Anlagen/fortschrittsbericht-2004,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fortschrittsbericht-2004](http://www.bundesregierung.de/nsc_true/Content/DE/___Anlagen/fortschrittsbericht-2004,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fortschrittsbericht-2004) (Zugriff 29.01.2007)
- ESSWEIN, HEIDE et al.: Berechnung des Landschaftszerschneidungsgrads für Hessen unter Berücksichtigung der LIKI-Kriterien. Endbericht. Stuttgart 2006.
- Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft (Bearbeiter STEFAN WILHELMY): Schwachstellenanalyse und Vorschlag für ein Indikatorensystem zur nachhaltigen Entwicklung des Landes Hessen unter besonderer Berücksichtigung des Leitfadens „Indikatoren im Rahmen einer Lokalen Agenda 21“. Unveröffentlichter Endbericht. Heidelberg 2003.
- Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen, Teil I, Nr. 23: Hessisches Umweltinformationsgesetz (HUIG) vom 14.12.2006.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Aktionsprogramm Umwelt – Nachhaltige Umweltpolitik in Hessen. November 2002.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hrsg.): Nachhaltige Umweltpolitik in Hessen; Zwischenbilanz des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz für die Legislaturperiode 2003 – 2008. Wiesbaden 2006.
- JAEGER, JOCHEN; ESSWEIN, HEIDE; SCHWARZ-V. RAUMER, HANS-GEORG: Landschaftszerschneidung messen: Die Methode der effektiven Maschenweite  $m_{eff}$ . Stuttgart 2004.
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen  
<http://www.lak-energiebilanzen.de>  
 (Zugriff 29.01.2007)
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Umweltdaten 2006 Baden-Württemberg.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD): OECD environmental indicators – development, measurement and use (reference paper), 2003.  
<http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf>  
 (Zugriff 29.01.2007)
- Statistisches Bundesamt: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Indikatorenbericht 2006. Wiesbaden 2007.
- Statistisches Bundesamt: Glossar zu Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren. August 1999
- Umweltbundesamt: Das Umwelt-Kernindikatorensystem des Umweltbundesamtes (KIS).  
<http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2702> (Zugriff 03.04.2007)
- Umweltbundesamt: Umweltdaten Deutschland des Umweltbundesamtes.  
<http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2700> (Zugriff 07.05.2007)
- Umweltdaten Deutschland des Umweltbundesamtes.  
<http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2700> (Zugriff 07.05.2007)
62. Umweltministerkonferenz am 6. und 7. Mai 2004 in Bad Wildungen: Ergebnisprotokoll.  
<http://www.umweltministerkonferenz.de/protokolle/62umk.pdf> (Zugriff am 29.01.2007)
- Ausgewählte Fachberichte zu Einzelthemen
- Berichte des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie:
- Bodennahes Ozon und Sommersmog. Wiesbaden 2001.
- Feinstaub (PM10). Wiesbaden 2007.
- Integriertes Klimaschutzprogramm – INKLIM 2012  
<http://www.hlug.de/medien/luft/inklim/index.htm>
- Lufthygienische Tagesberichte, Monatskurzberichte und Jahresberichte.  
<http://www.hlug.de/medien/luft/luftmessnetz/berichte.htm>
- Luftreinhaltepläne  
<http://www.hlug.de/medien/luft/planung/index.htm>
- Umwelatlas  
<http://atlas.umwelt.hessen.de/atlas/>



Berichte des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Jahresagrarbericht (jährlich).

Klimaschutzkonzept Hessen 2012, Wiesbaden 2007.  
[http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=dd16dc7471467919427f8c8c0e227d75](http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=dd16dc7471467919427f8c8c0e227d75)

Rohstoffsicherung in Hessen. Wiesbaden 2007.

Waldökosystemstudie Hessen. Waldzustandsbericht (jährlich).

Sonstige Berichte

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung: Energiebericht 2006 der Hessischen Landesregierung. Wiesbaden 2006.

ZEUS: Lärmbelästigung in Hessen 2004. Ergebnisse einer repräsentativen, landesweiten Telefonbefragung (im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz).

ZEUS: Lärmbelästigung in Hessen 2006. Ergebnisse einer repräsentativen, landesweiten Telefonbefragung (im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz).