

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen  
Bildungsseminar Rauschholzhausen



... in Zusammenarbeit mit dem  
Hessischen Landesamt für  
Naturschutz, Umwelt und Geologie

**3. Wiesbadener Grundwassertag  
20. September 2016**



## **Klimawandel und Wasserversorgung Einfluss der Witterung auf den Wasserbedarf**

DR.-ING. ULRICH ROTH  
Beratender Ingenieur, Bad Ems

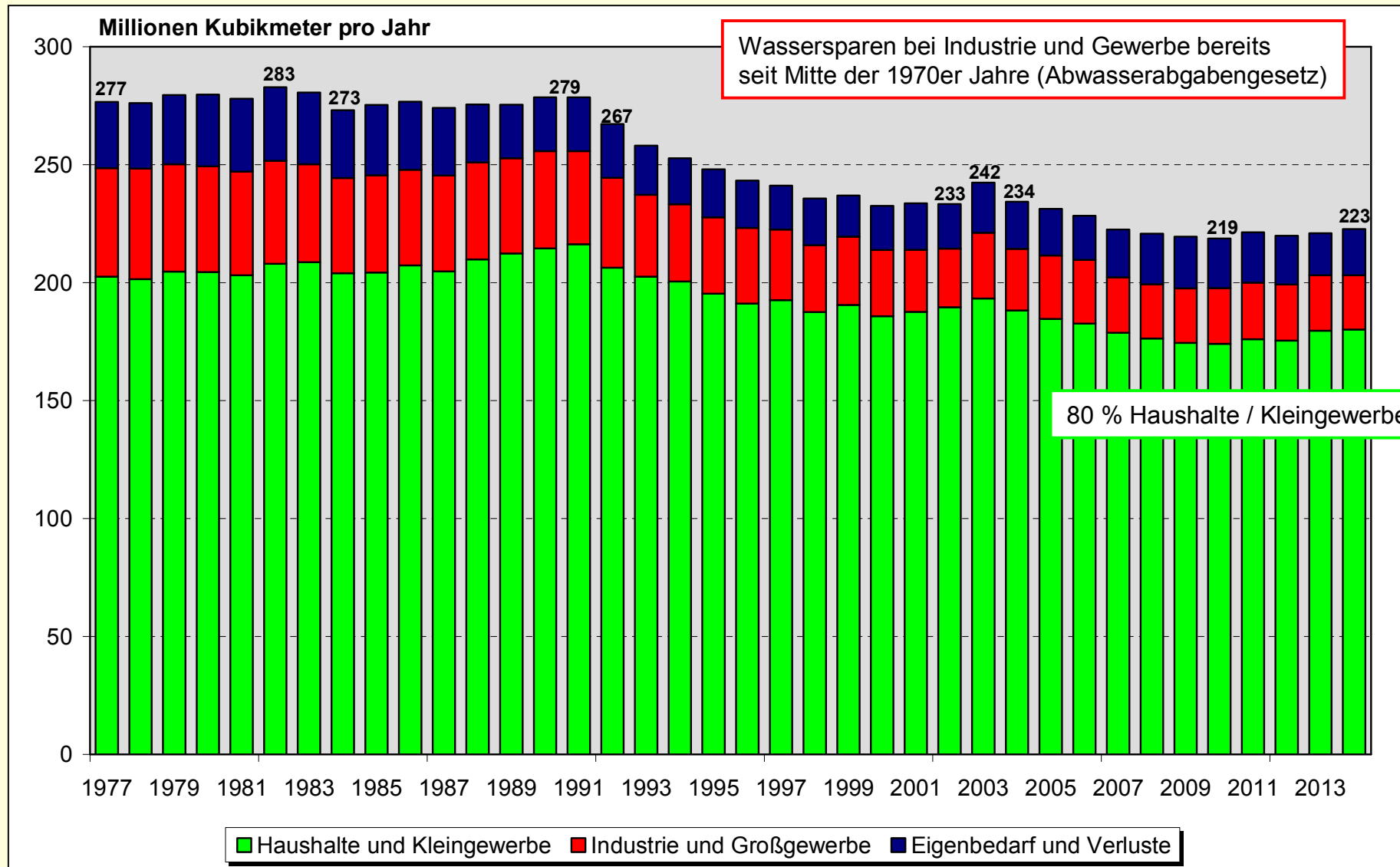
Professor – Frankfurt University of Applied Sciences

Homepage: [www.dr-roth-badems.de](http://www.dr-roth-badems.de)

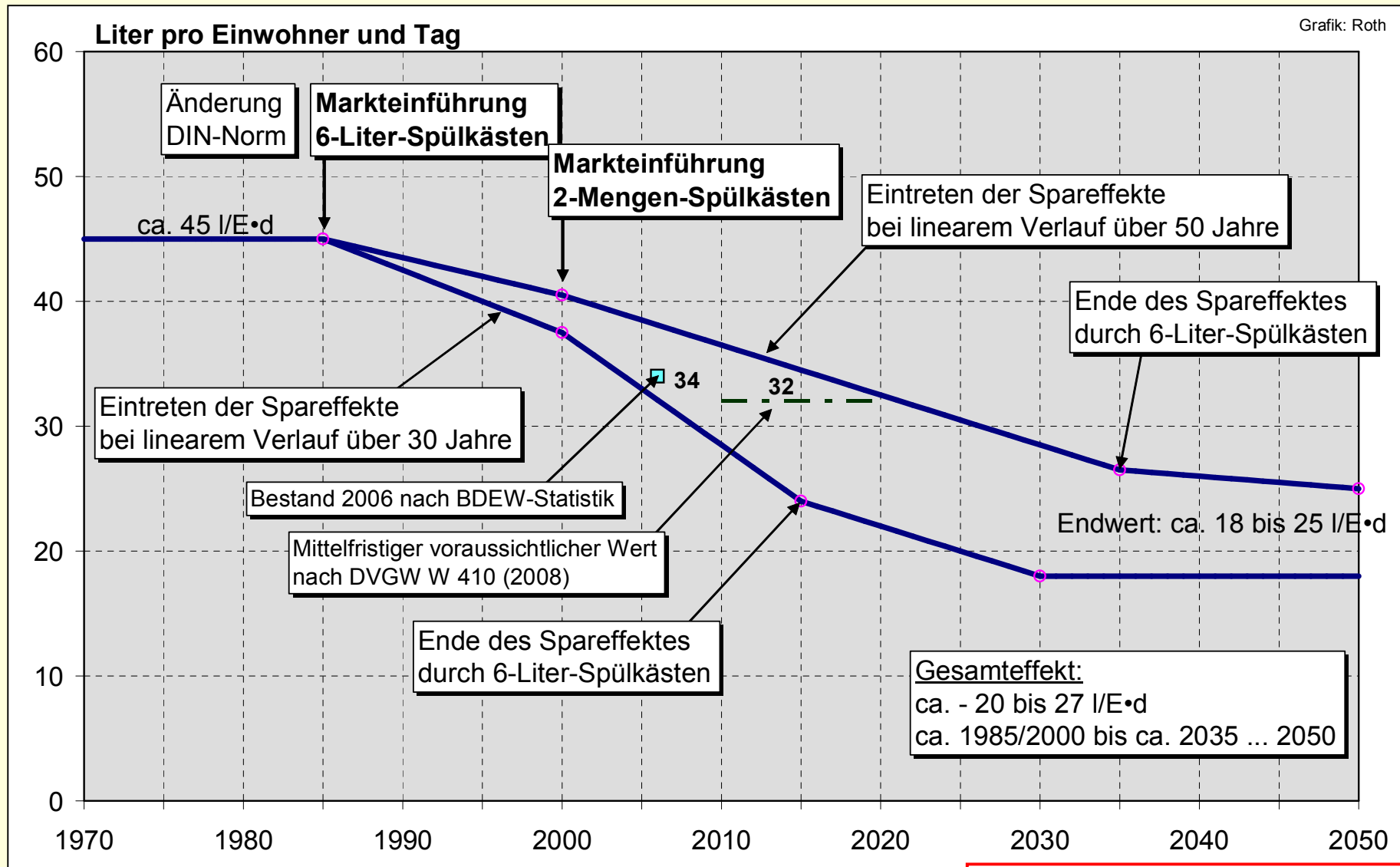
# Trinkwasserverbrauch im Regierungsbezirk Darmstadt 1977 – 2014

Deutlicher Rückgang bei Eigenbedarf / Verluste

Wassersparen bei Industrie und Gewerbe bereits seit Mitte der 1970er Jahre (Abwasserabgabengesetz)

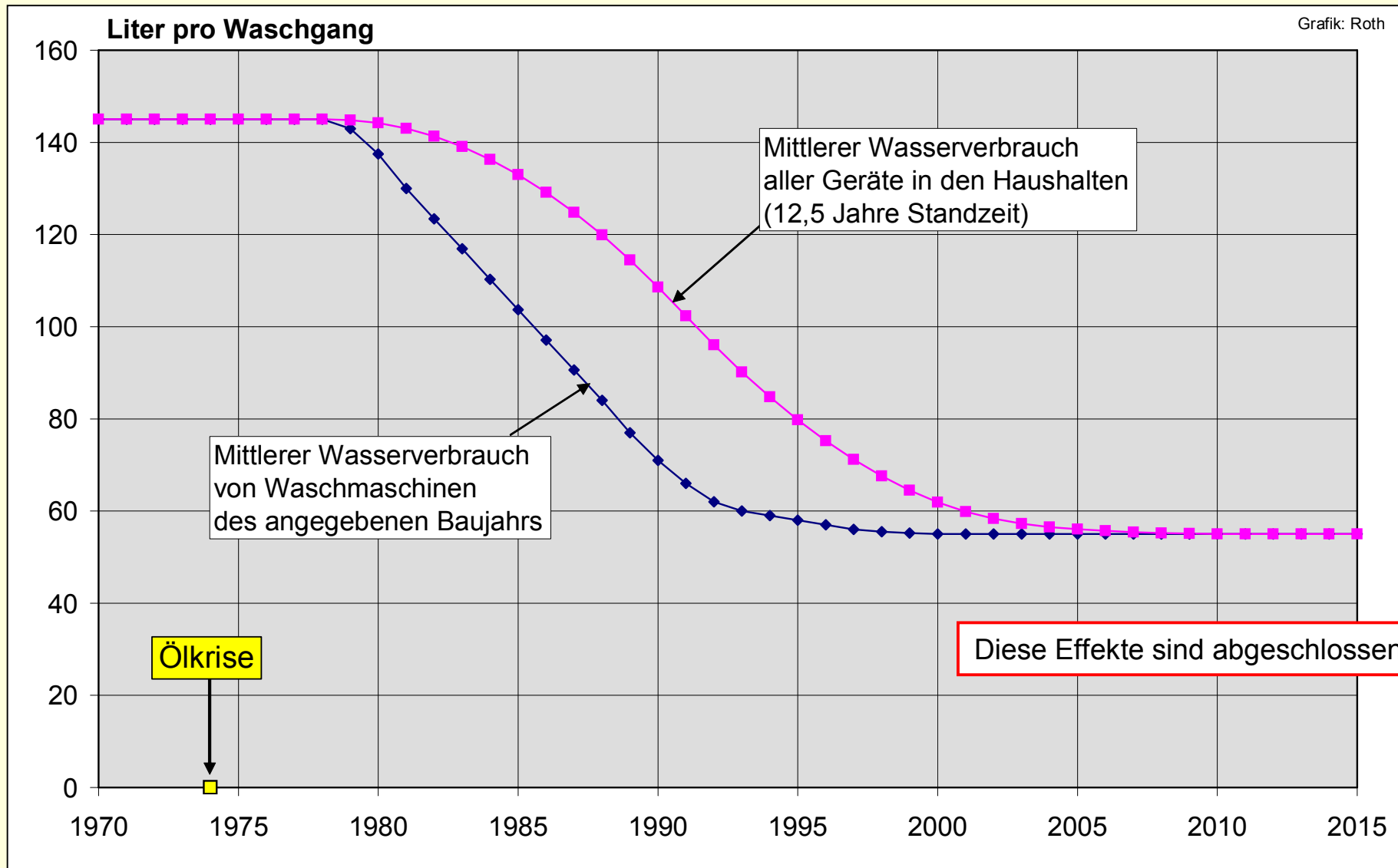


# Wasserspareffekt durch moderne Toilettenspülungen

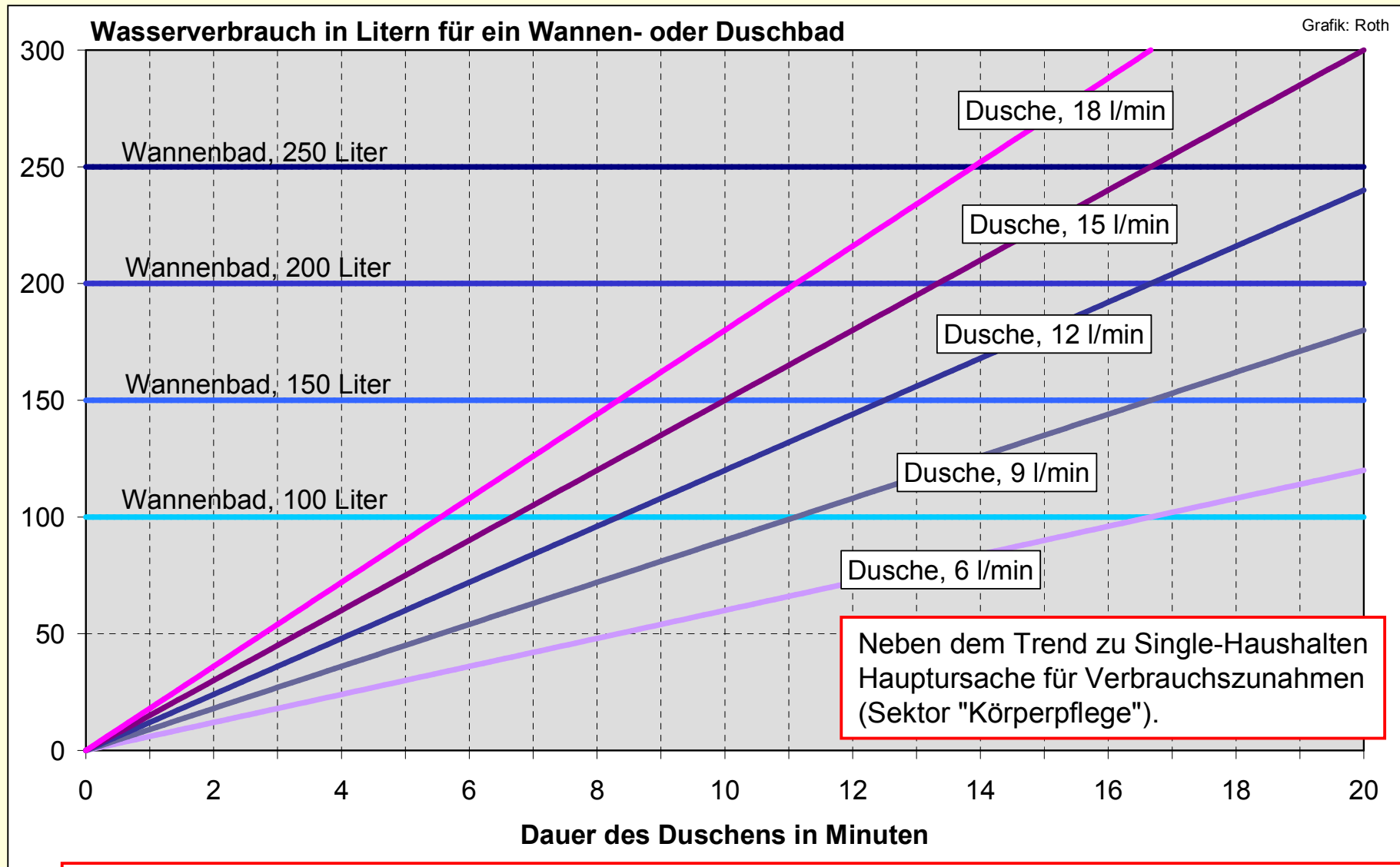


... noch Spareffekte zu erwarten.

# Wasserspareffekt durch moderne Haushaltsgeräte: Waschmaschinen



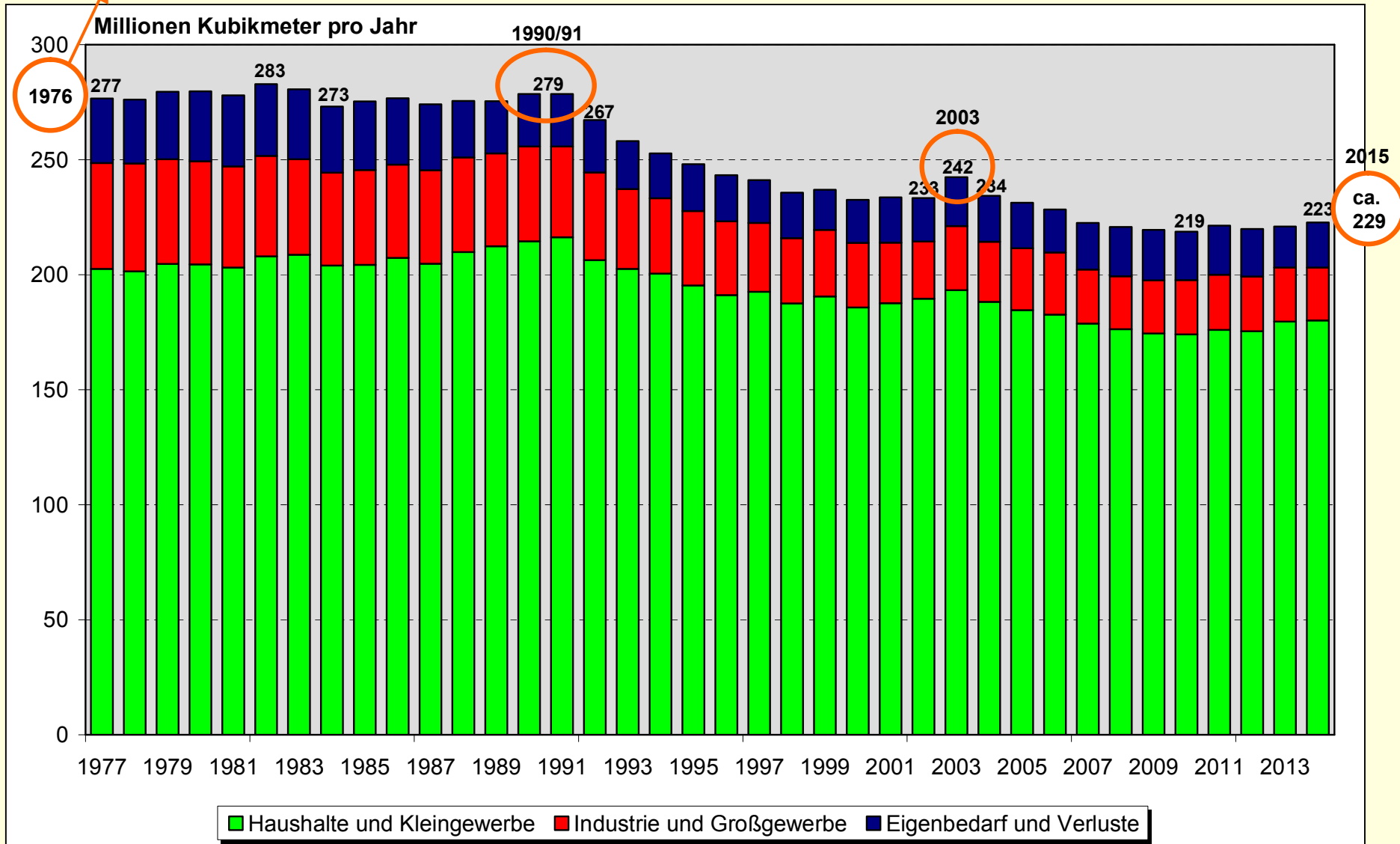
# Wasser Sparen ( ??? ! ) durch "Duschen statt Baden"



⇒ Ohne den Trend zu täglichem Duschen wäre der Pro-Kopf-Verbrauch deutlich stärker zurückgegangen.

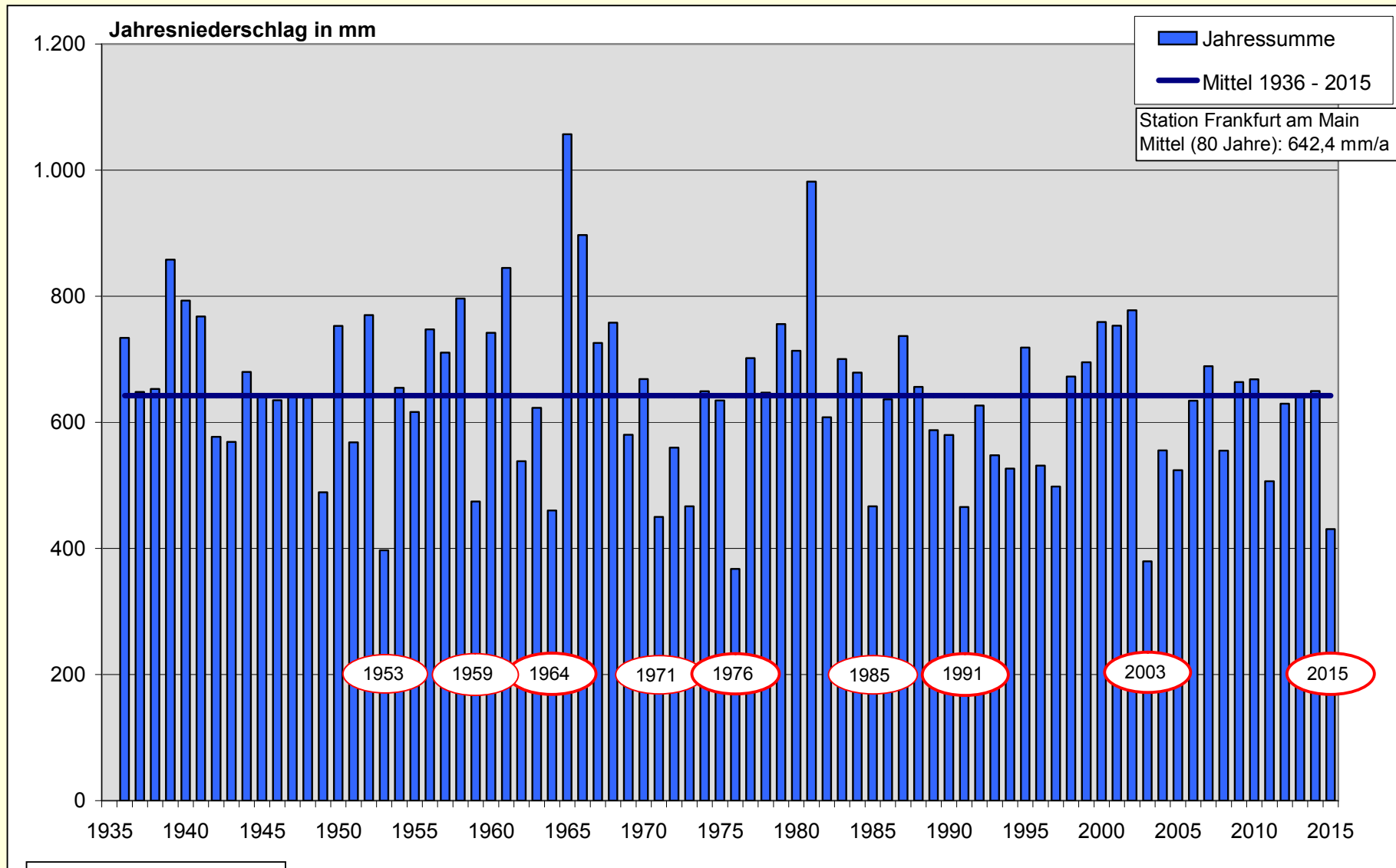
# Trinkwasserverbrauch im Regierungsbezirk Darmstadt 1977 – 2014

Gründung der WRM durch das Land Hessen  
 Beginn der Datenerfassung durch RP Darmstadt



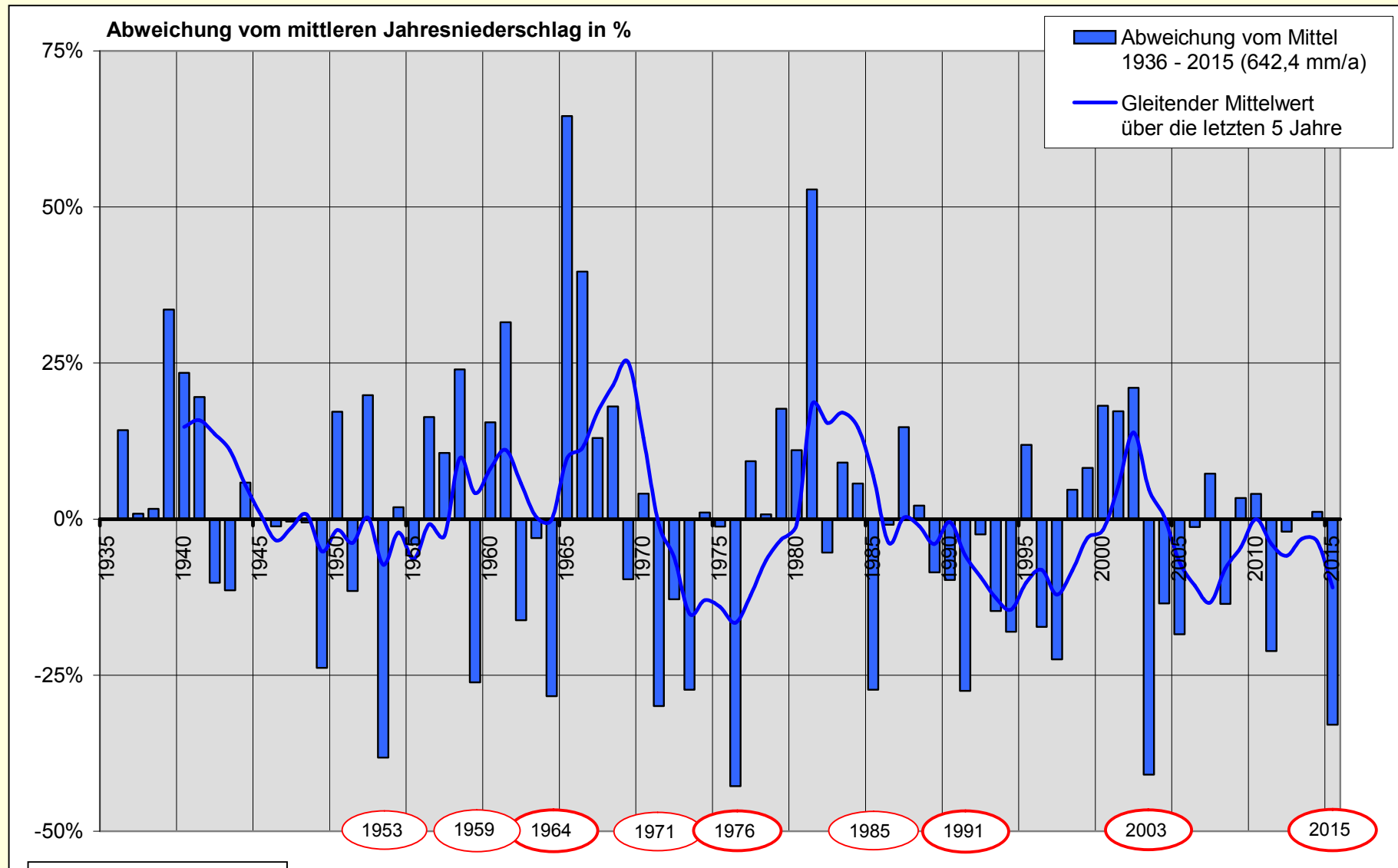
Daten: Regierungspräsidium Darmstadt  
 Grafik: Roth / WRM

# Jahresniederschlag an der Station Frankfurt am Main 1936 – 2015



Daten: DWD  
<ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/>  
Grafik: Roth

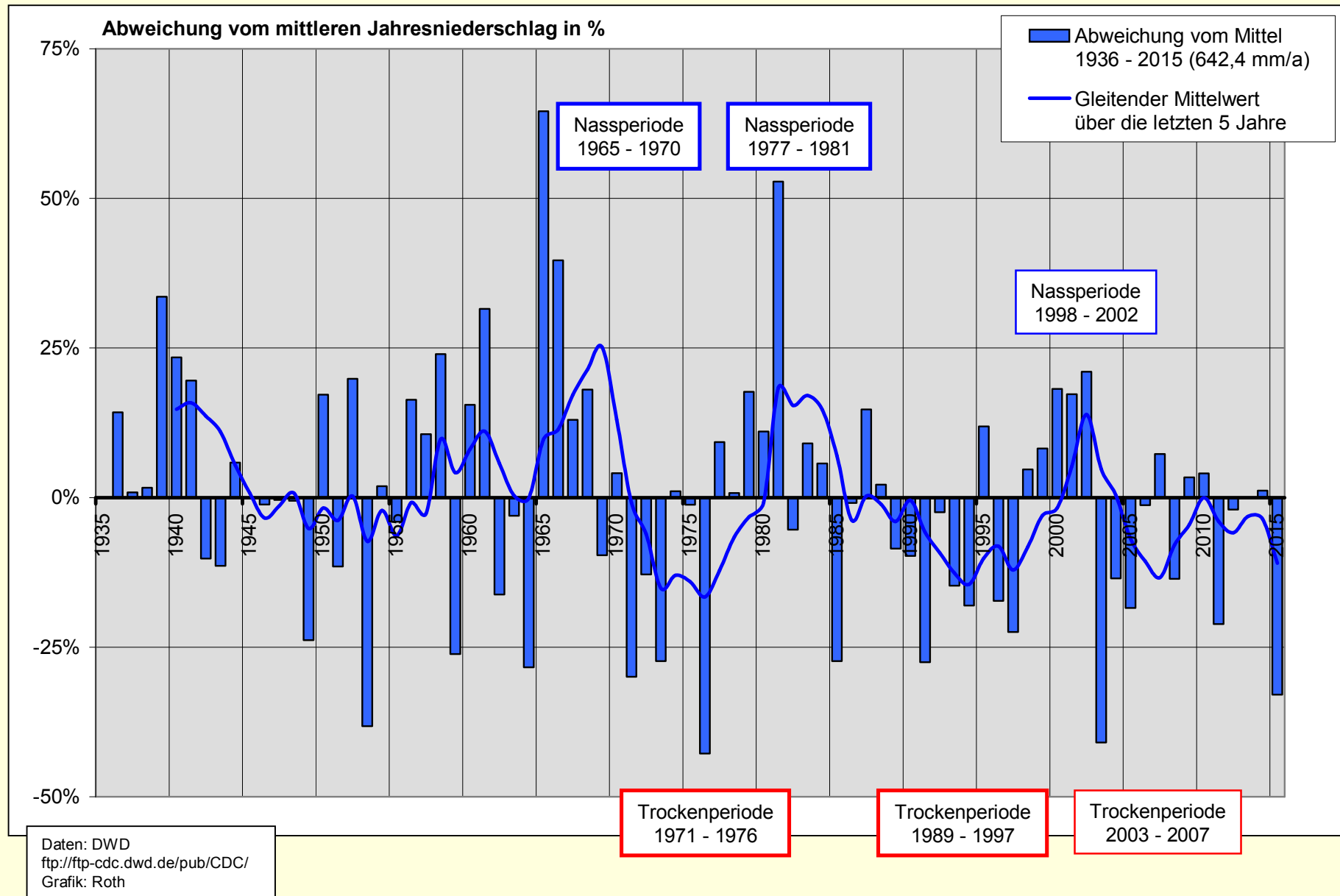
# Relativ trockene und relativ nasse Jahre in Frankfurt am Main



Daten: DWD  
ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/  
Grafik: Roth



# Relativ trockene und relativ nasse Jahre in Frankfurt am Main



# Trockenphasen – Trockenjahre – Trockenperioden

## Begriffe (Wasserwirtschaft)

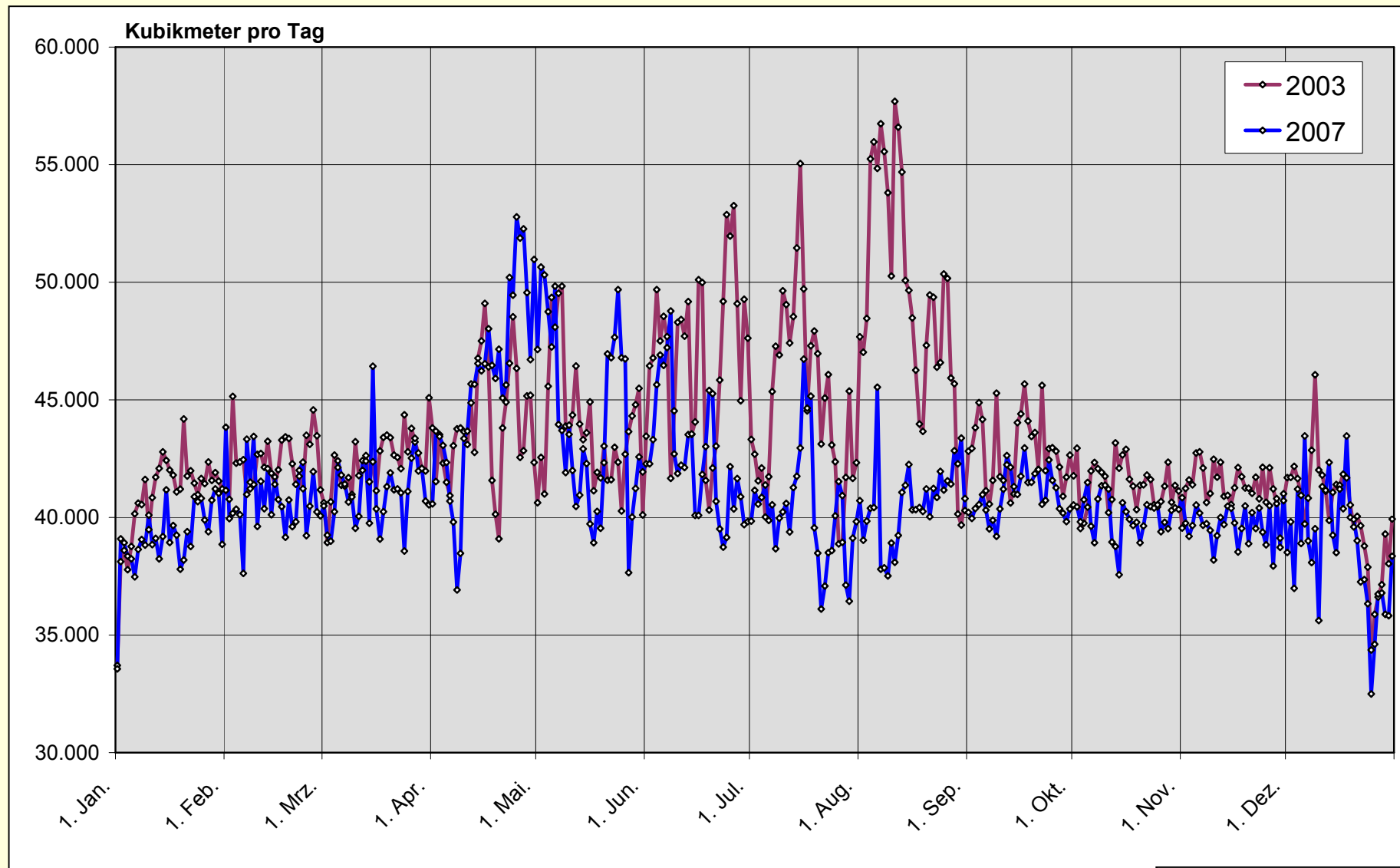
- Eine **Trockenphase** ist eine Schönwetterperiode oder Hitzeperiode mit "schönem", also heißem und trockenem Sommerwetter. Eine solche Phase kann bis zu ca. 6 Wochen anhalten (z.B. 1976).
- Ein **Trockenjahr** ist ein Jahr mit ausgeprägt "schönem" Sommerwetter entsprechend deutlich reduziertem Niederschlag und entsprechend deutlich erhöhtem Wasserbedarf.
- Eine **Trockenperiode** ist eine Abfolge mehrerer Trockenjahre.

## Beispiele (Rhein-Main-Raum)

- **1976** bildete den Höhepunkt einer Trockenperiode ab ca. 1971. 1976 wird in der Fachliteratur als "Klimaanomalie" bezeichnet.
- **1989 bis 1997** war eine ausgeprägte Trockenperiode mit ausgeprägten Trockenjahren 1990 und 1991.
- **1998 bis 2002** war eine "Nassperiode" (Grundwasserhochstände!).
- **2003** war das erste Jahr in einer Abfolge relativ trockener Jahre (... also kein Extremjahr wie 1976).
- **2015** war (nach bisherigem Stand) ein einzelnes Trockenjahr (... also kein Extremjahr wie 1976).

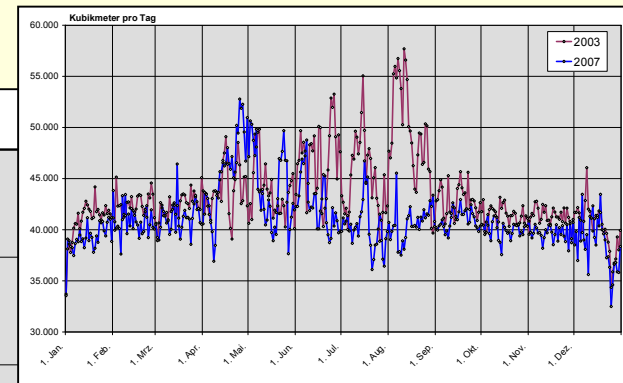
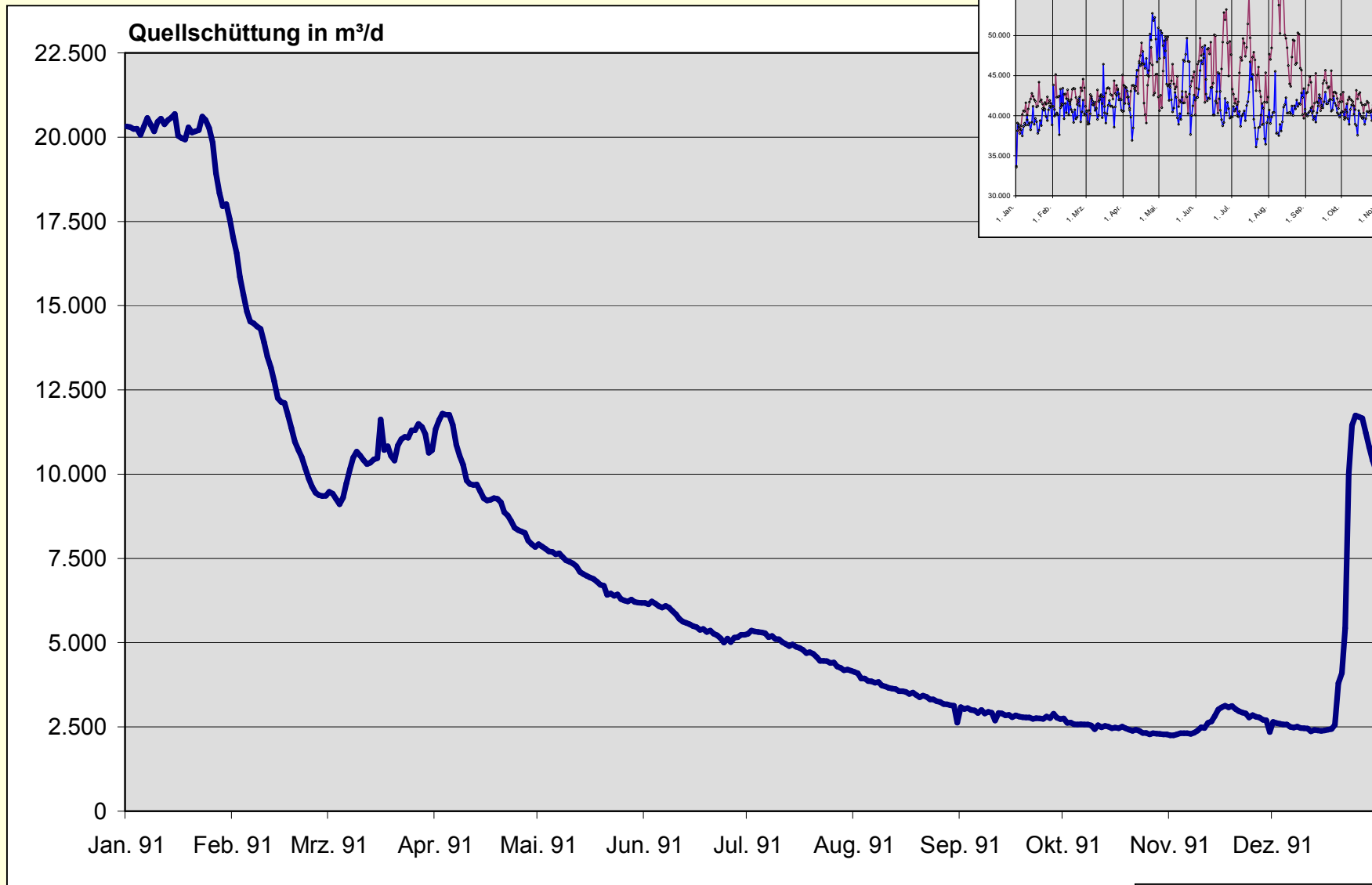
Regional gibt es auch innerhalb Deutschlands große Unterschiede!

# Tagesganglinien des Wasserbedarfs: Wiesbaden 2003 und 2007



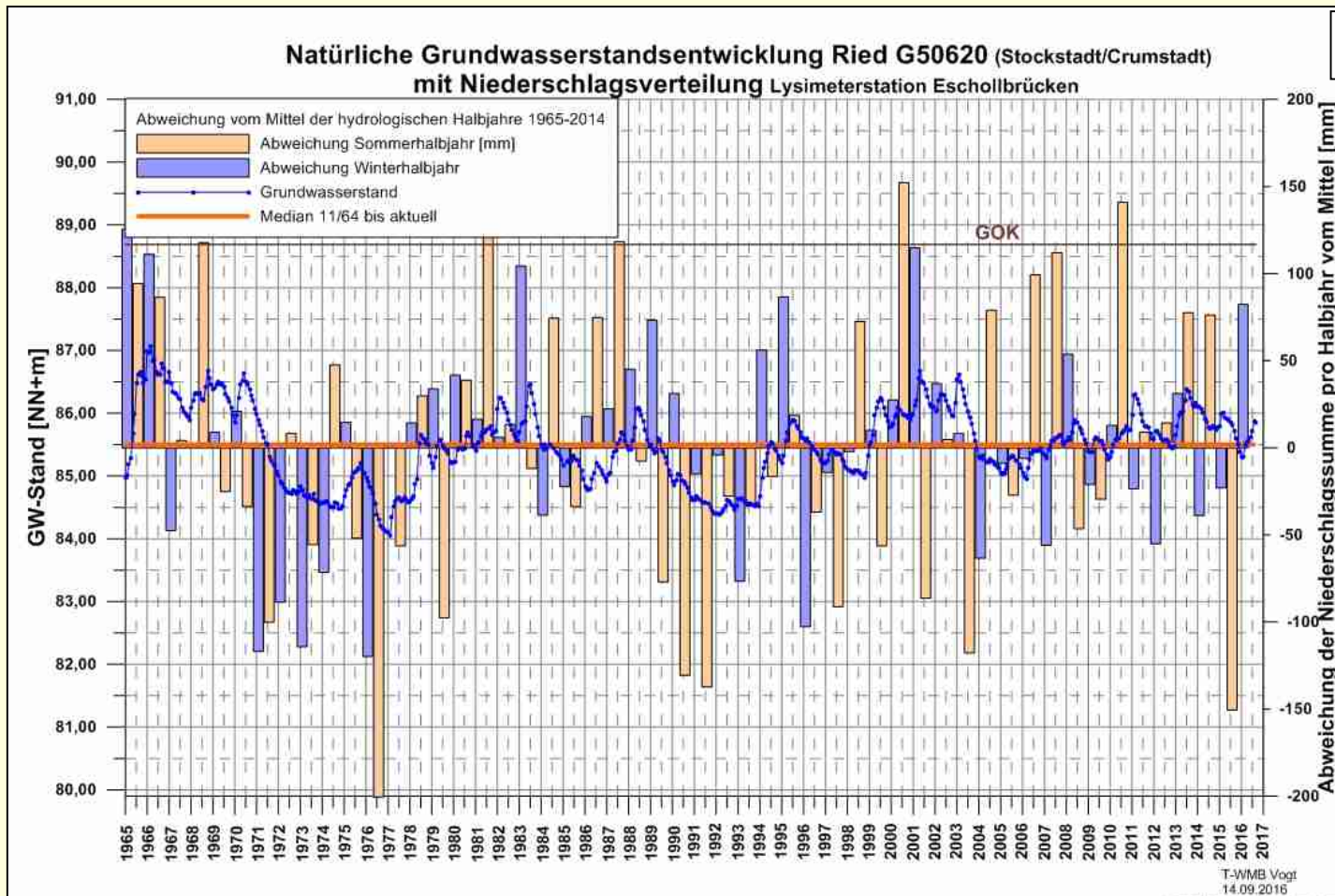
Daten: ESWE / Hessenwasser  
Grafik: Roth

# Bei Trockenheit rückläufige Schüttung von Quelfassungen



Daten: Mainova AG / Hessenwasser  
Grafik: Roth

# "Quantitative Gefährdung" des nutzbaren Grundwasserdargebots



Bei sinkenden Grundwasserständen ökologisch begründete Förderrestriktionen

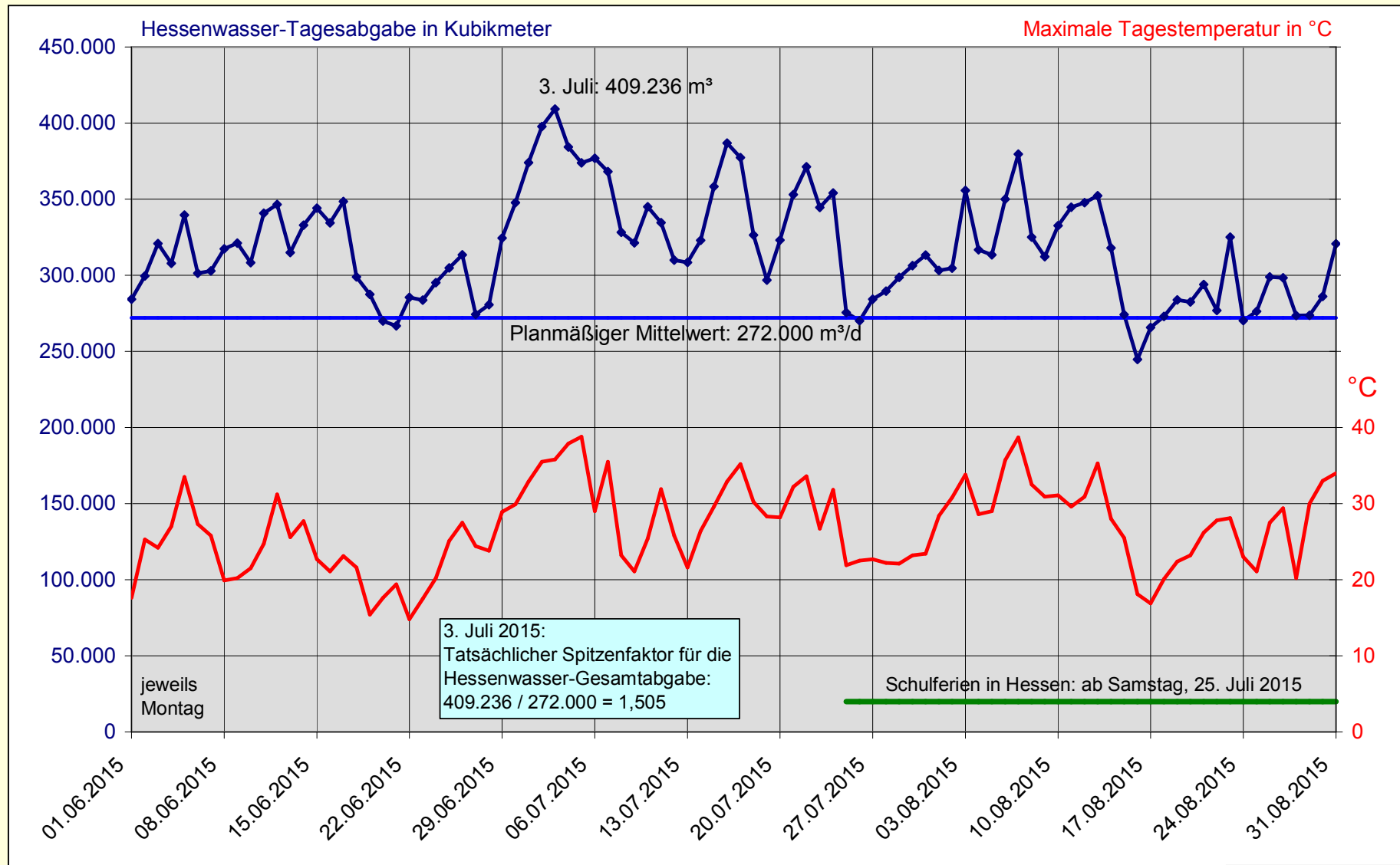
⇒ In Trockenperioden rückläufiges Dargebot

Festlegungen zu Fördermengen in Abhängigkeit von Grundwasserständen:

- Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried (gesteuertes Zusammenspiel von Infiltration und Wassergewinnung)
- Umweltverträgliche Wassergewinnung im Vogelsberg

# Tagesganglinie der Wasserabgabe im Sommer 2015

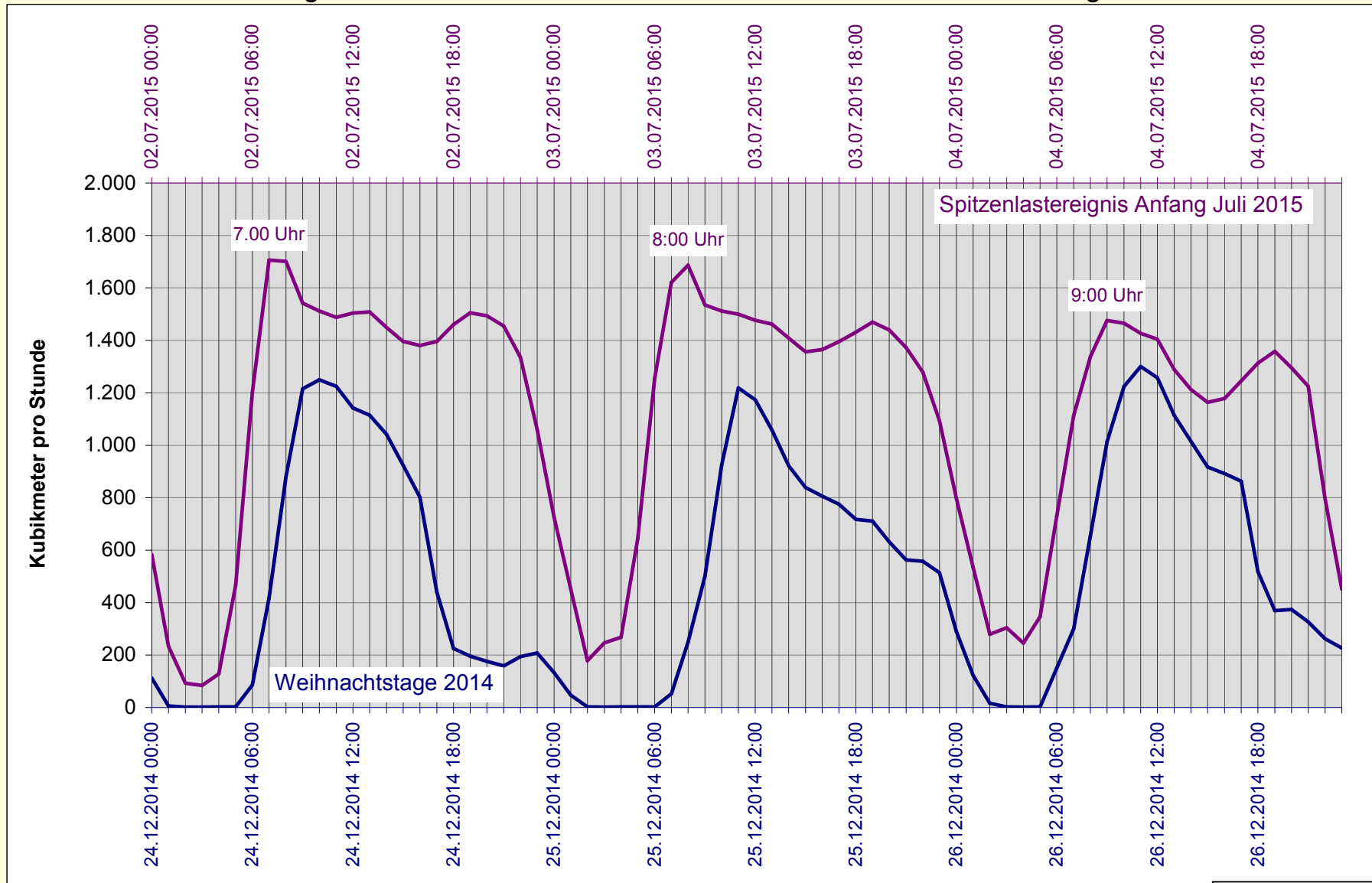
Hessenwasser GmbH & Co. KG



Daten: Hessenwasser  
Grafik: Roth

# Stundenwerte der Wasserabgabe Anfang Juli 2015

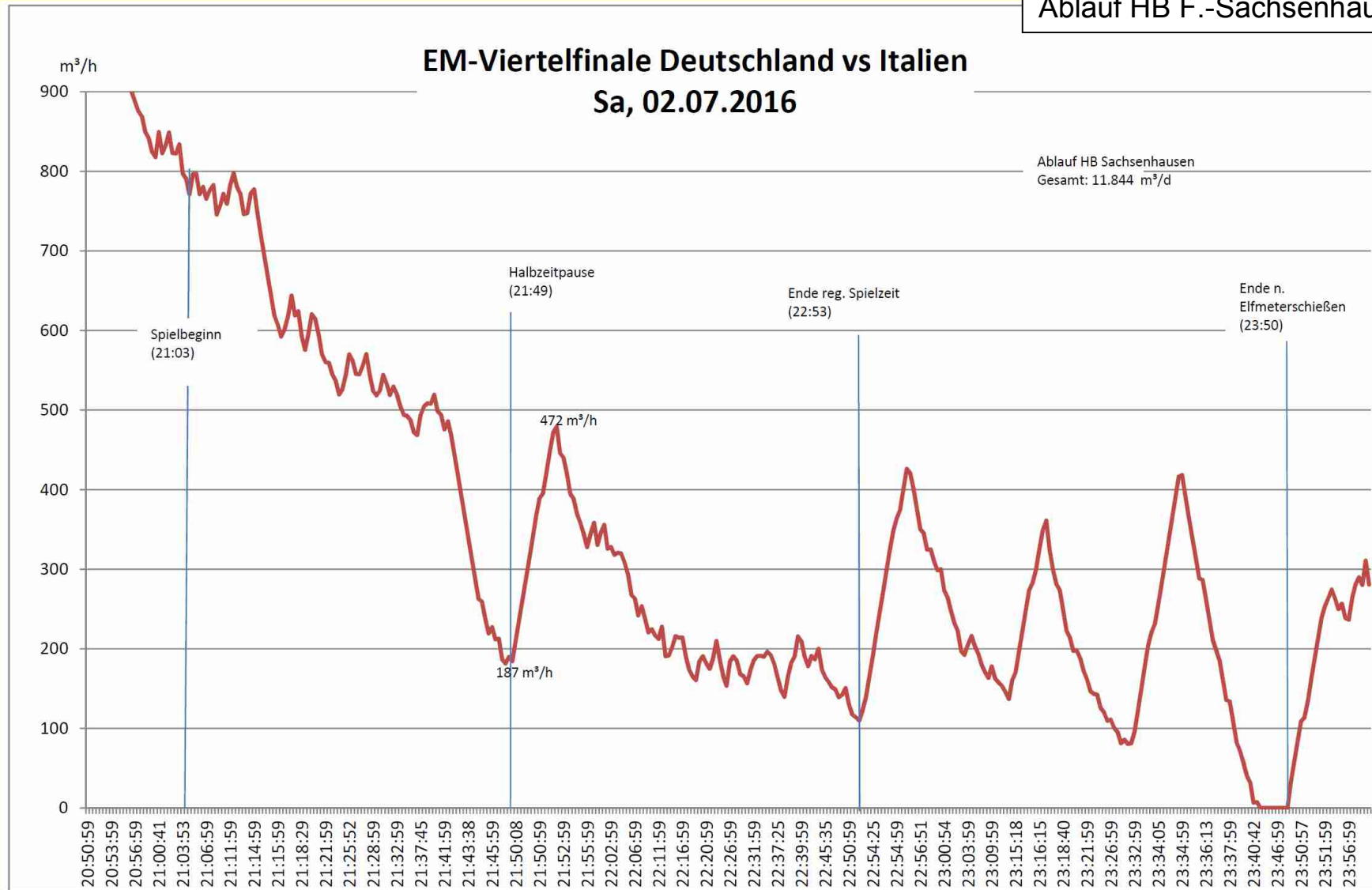
Behälter-Abgabe Frankfurt-Sachsenhausen Weihnachten 2014 und Anfang Juli 2015



Daten: Hessenwasser  
Grafik: Roth

# Kurzfristige Bedarfsschwankungen: Fußball-Länderspiel

Ablauf HB F.-Sachsenhausen



Quelle: Hessenwasser  
Dank an F. Coppola



# Einflussfaktoren für Bedarfsspitzen

## Witterung

- Ausprägung und Dauer der Hitzeperiode  
⇒ Phase mit hohen Temperaturen und ohne Niederschlag
- Schulferien (dämpfender Einfluss)

## Kommunalstruktur

- Bedarfsspitzen in den Wohngebieten am Wochenende
- Bedarfsspitzen in den "Gewerbegebieten" an Werktagen
- Relevant: Pendlerverflechtungen
- Bedarfsspitzen in großen Städten gedämpft wegen Überlagerung unterschiedlicher Ganglinien.

## Gewerbestructur

- Generell geringer Gewerbeanteil am Trinkwasserverbrauch (maßgeblich: Trinkwasserbedarf der Belegschaft)
- Hoher Trinkwasserbedarf ggf. in der Getränkeindustrie
- Hoher Trinkwasserbedarf bei öffentlichen Einrichtungen (Schwimmbäder, Parks, Flughäfen etc.)

## Berechnung von Spitzenwasserbedarf: Spitzenfaktoren

### Spitzenfaktoren

- ... werden bezogen auf den mittleren Wasserbedarf in einem Normaljahr.
- Sie sind abhängig
  - von der Größe und Struktur des Versorgungsgebietes (je kleiner, desto höher / je größer, desto niedriger)
  - von der Dauer des betrachteten Ereignisses (je kürzer, desto höher).
- Jahresbedarf: In Trockenjahren um bis zu ca. 5 % erhöht.
- Monatsbedarf: Im Sommer > 10 % des Jahresbedarfs.
- Tagesbedarf:
  - In Dörfern bzw. einzelnen Wohngebieten um ca. 100 % erhöht.
  - In großen Städten um ca. 40 % bis 50 % erhöht.
- Stundenbedarf: Spitzenfaktoren ca. < 2,0 bis > 5,5.
- Sehr kurze Bedarfsspitzen werden aus den Behältern gedeckt.

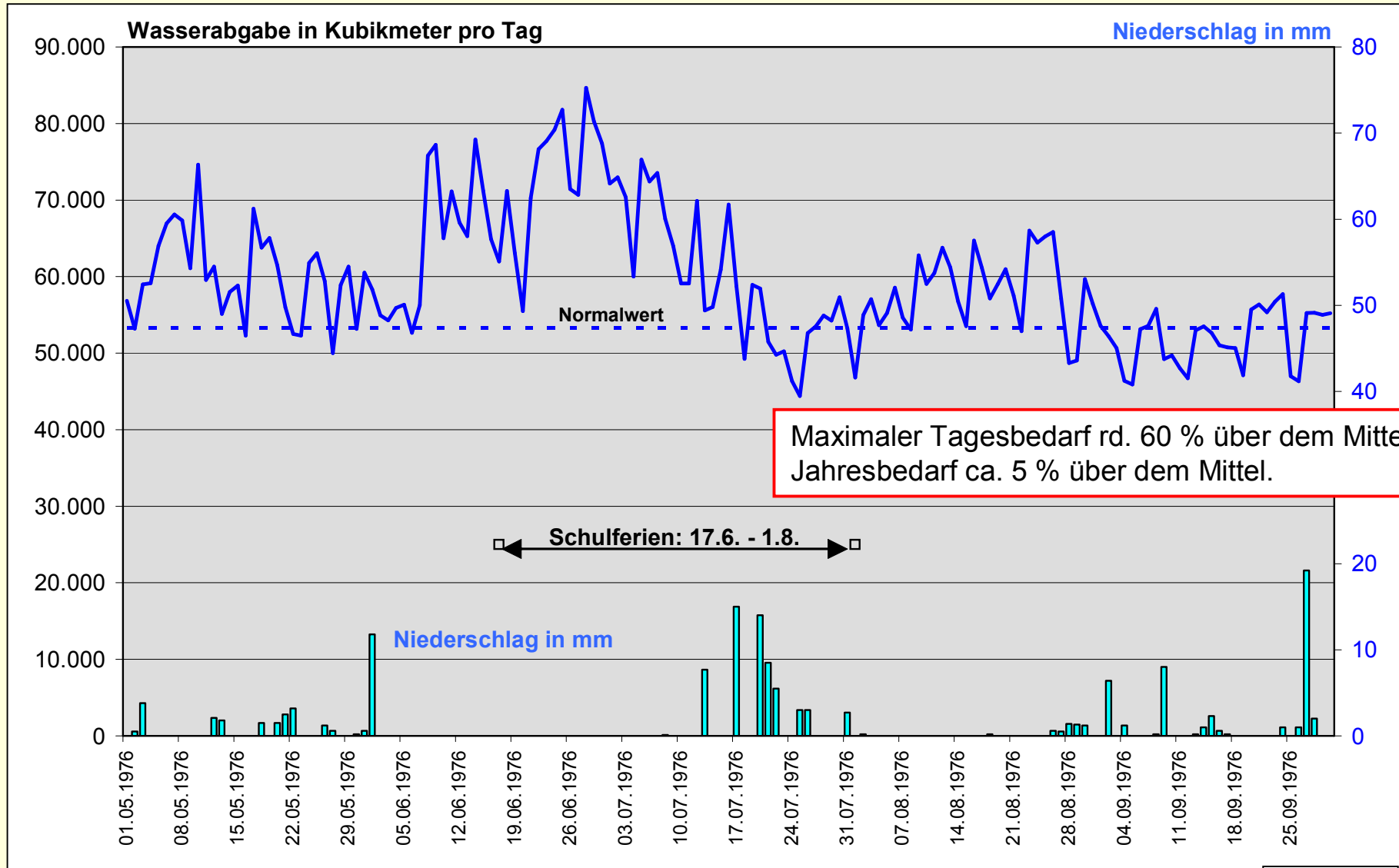
## Wer steuert die Bedarfsschwankungen?

- **Wetter / Witterung: Der Zufall**  
(bisher scheitern alle Versuche einer längerfristigen Vorhersage)
  - **Trinkwasserverbrauch: Der Bürger**  
(die Gesamtheit der Menschen im jeweiligen Versorgungsgebiet)
- **Der Wasserbedarf ist ein zutiefst demokratischer Prozess!**

- **Die Wasserversorgungsunternehmen müssen den Bedarf auch in Trockenperioden zuverlässig abdecken und**
- **die dazu erforderlichen Dargebots- und Anlagenkapazitäten vorhalten.**
- **Dies ist nicht zuletzt kostenrelevant!**
- **Dies führt auch zu Irritationen und Missverständnissen (Betriebswirtschaftler, "Umweltbewegte").**

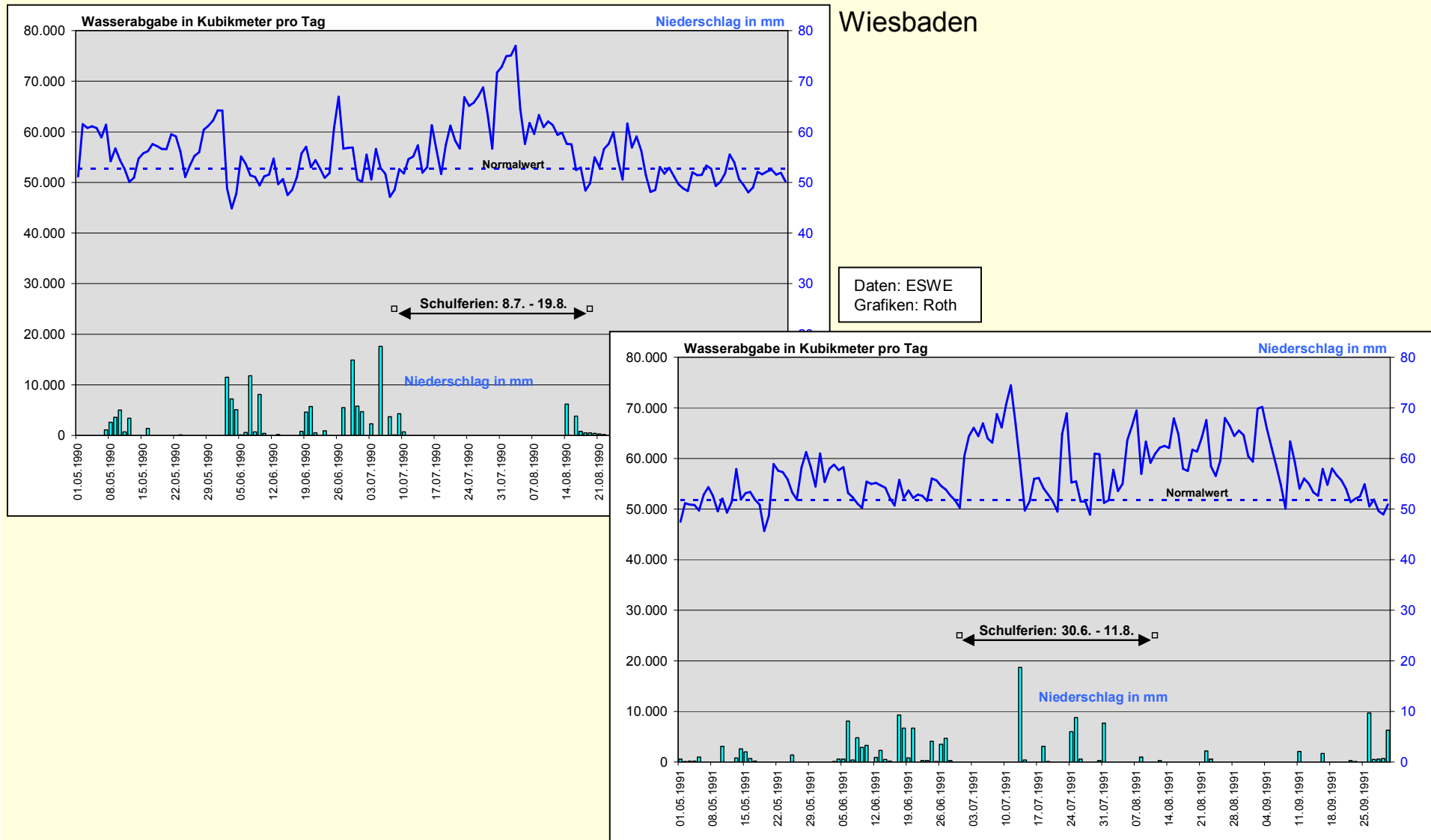
# Extremereignis im Frühsommer 1976: Wasserbedarf und Niederschlag

Wiesbaden



Daten: ESWE  
Grafik: Roth

# Trockenjahre 1990 und 1991: Wasserbedarf und Niederschlag



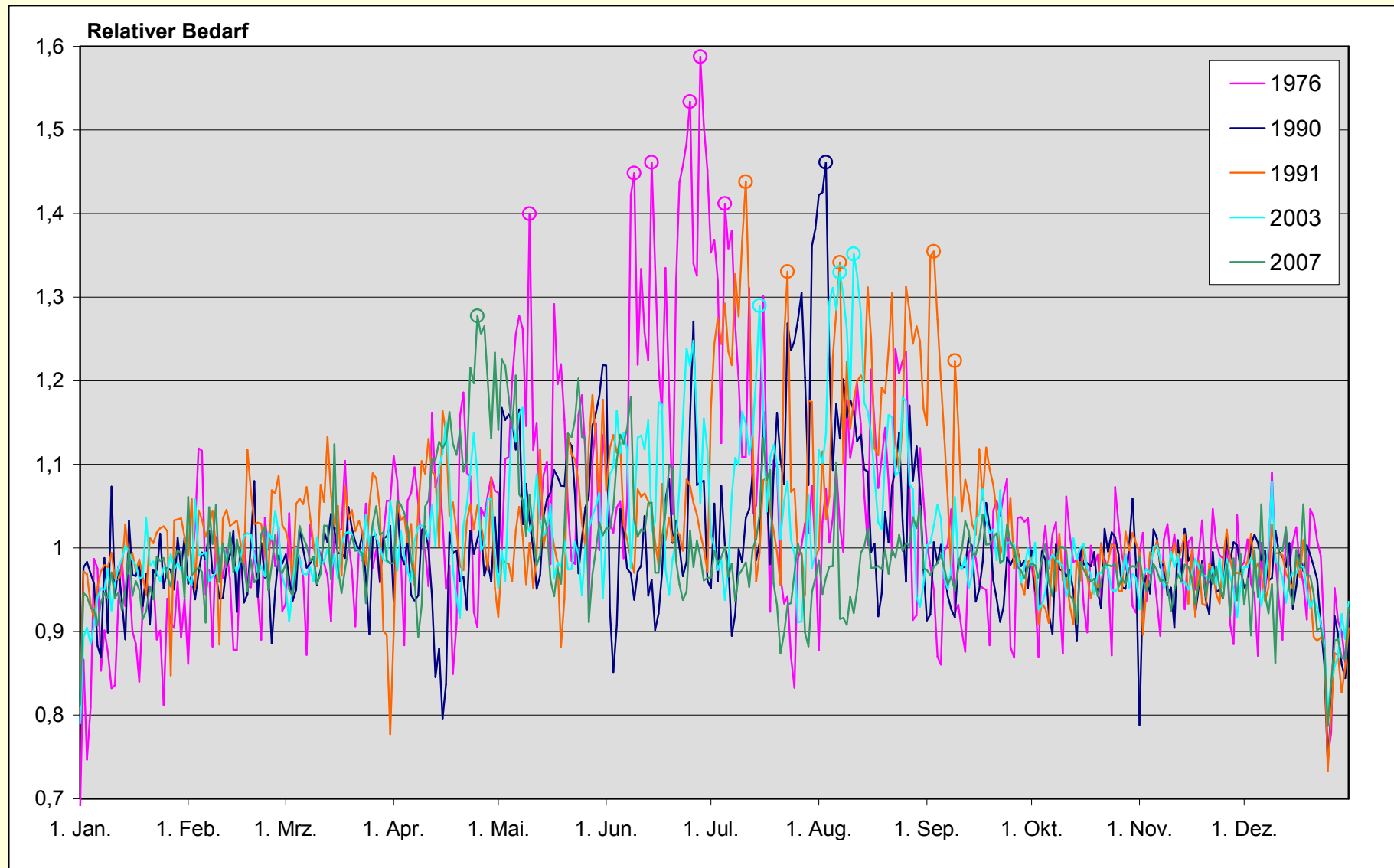
**1990:**

Maximaler Tagesbedarf > 45 % über dem Mittel,  
Jahresbedarf relativ moderat erhöht.

**1991:**

Maximaler Tagesbedarf < 45 % über dem Mittel,  
Jahresbedarf ca. 4 % über dem Mittel.

# Ganglinien der Trockenjahre 1976, 1990, 1991 und 2003; dazu 2007 (April)

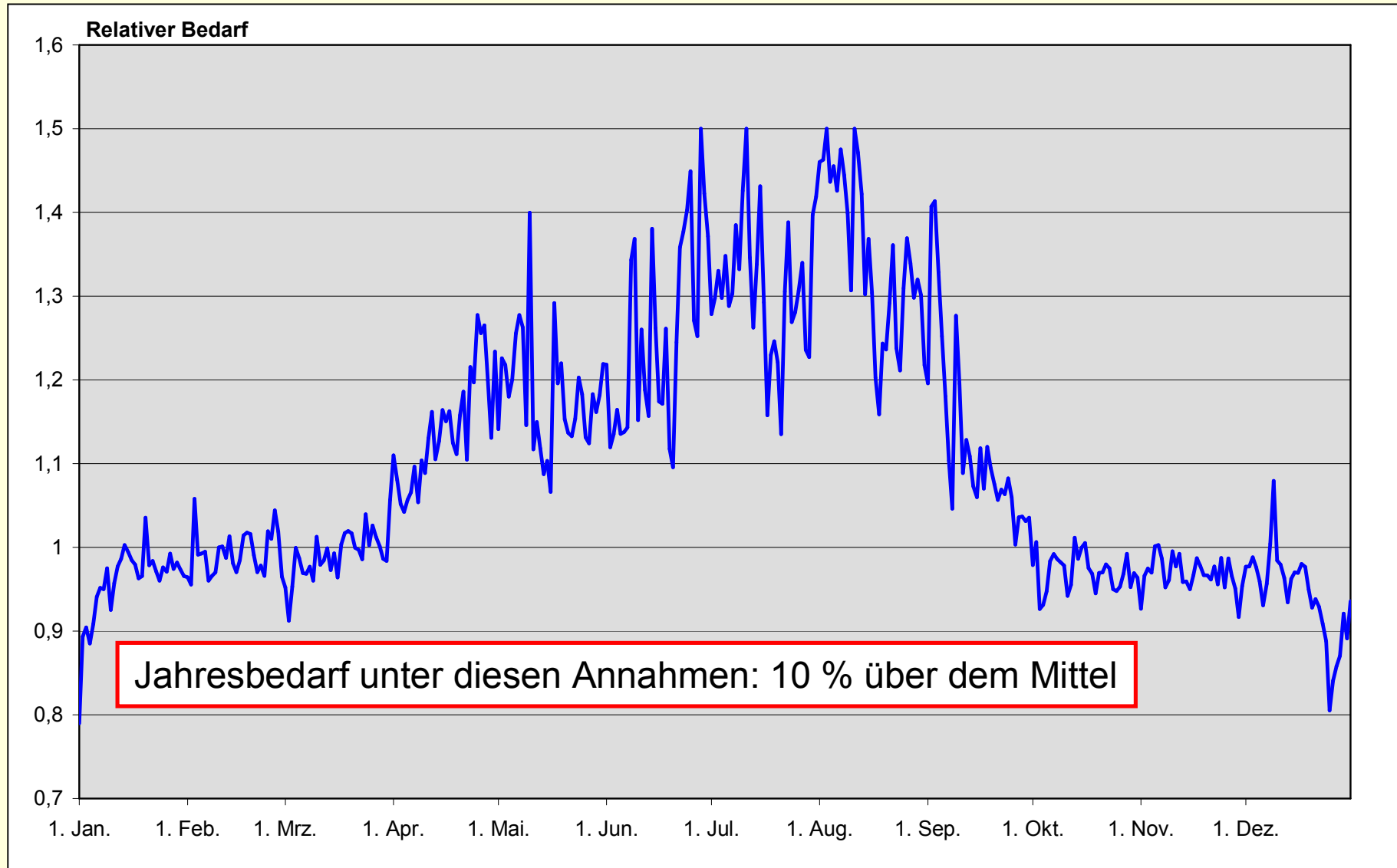


Grafik: Roth aus ...

**AnKliG**

Anpassungsstrategien  
an Klimatrends und Extremwetter  
sowie Maßnahmen für ein  
nachhaltiges Grundwassermanagement

# Fiktiver Verlauf eines extremen Spitzenlast-Ereignisses im Jahr 2100



Grafik: Roth aus ...

**AnKliG**

Anpassungsstrategien  
an Klimatrends und Extremwetter  
sowie Maßnahmen für ein  
nachhaltiges Grundwassermanagement

# Lösungsansätze (?): Auswirkungen der Regenwassernutzung

## Hauptziele der Agenda 21:

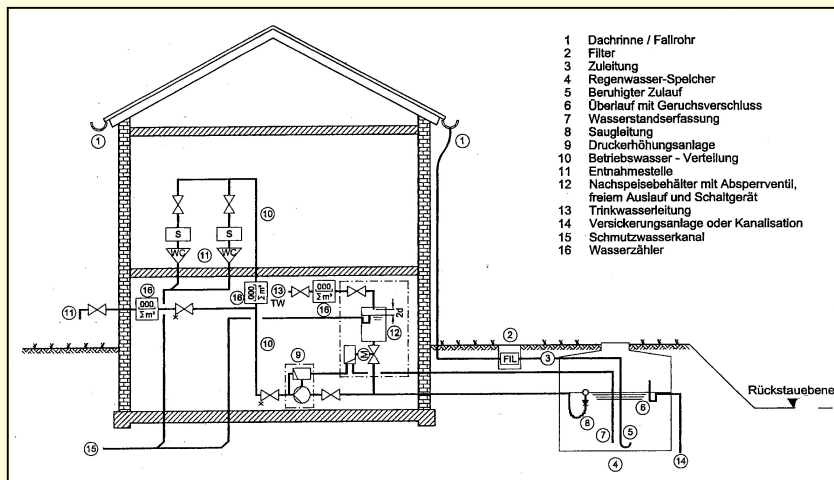
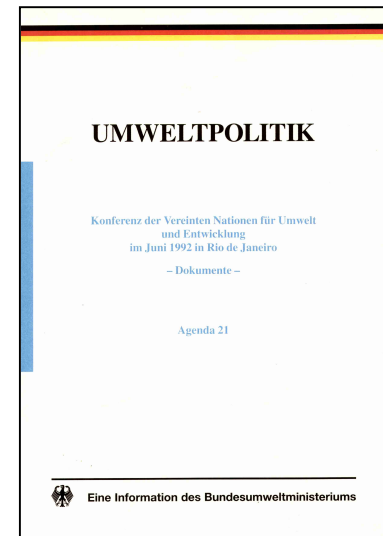
- Einführung einer gesicherten Wasserversorgung für alle Menschen
- Bekämpfung von Krankheiten wie Cholera, Typhus, Ruhr etc.
- Naturverträgliche Nutzung der Ressource Wasser

Dabei wird in der Agenda 21 unterschieden in

- erneuerbare Ressourcen wie Holz und Wasser,
- nicht erneuerbare Ressourcen wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Erze.

## Das heißt:

- Wer aufwändige Anlagen baut, um (Trink-) Wasser zu sparen, kennt die Agenda 21 nicht oder hat sie nicht verstanden.



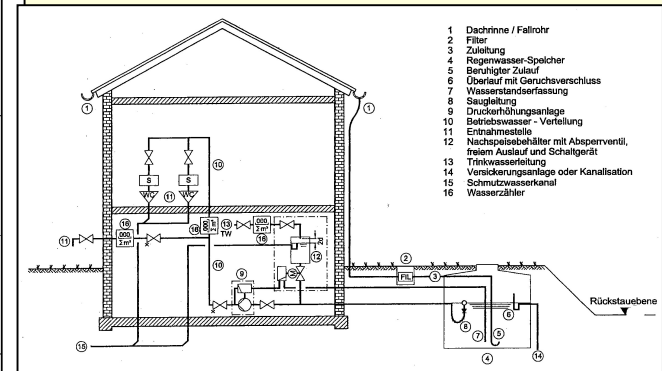
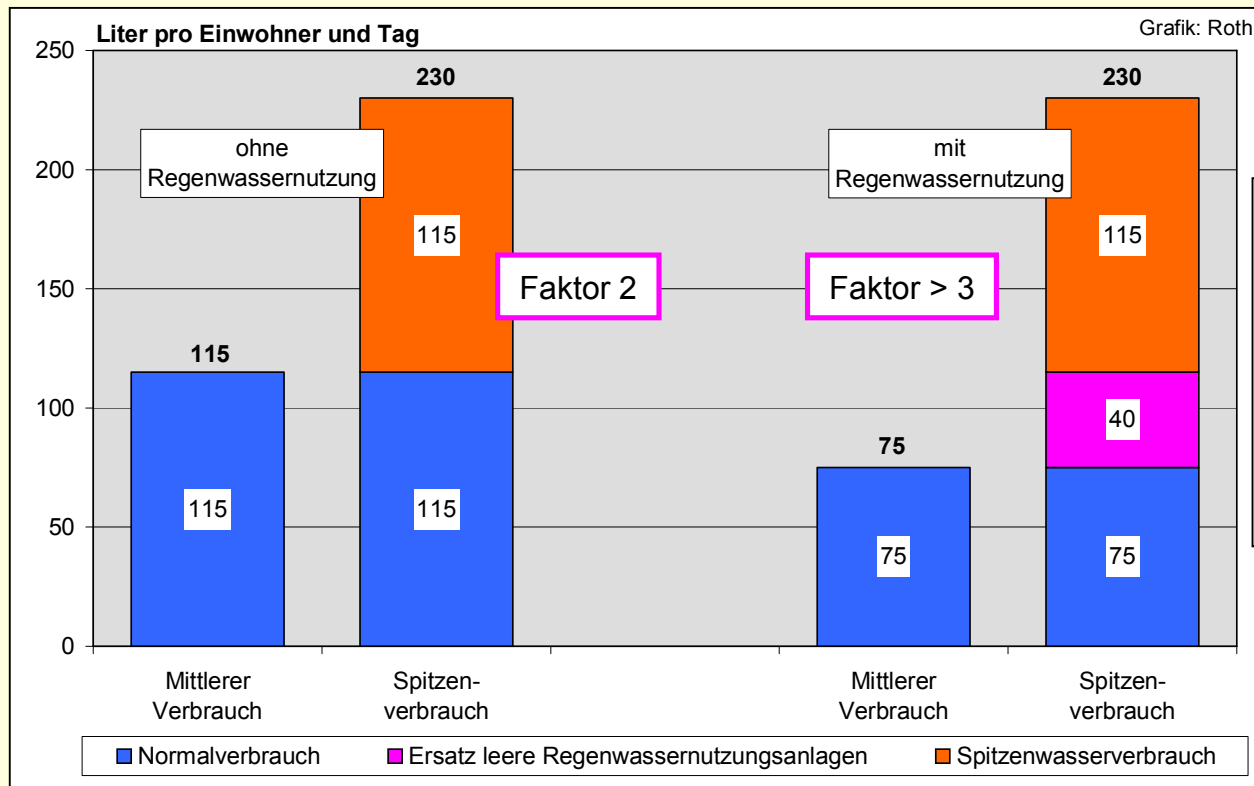
Grafik: DVGW-Arbeitsblatt W 555

## Bewertung 1:

- Eine Regenwassernutzungsanlage ist eine zweite Versorgungsanlage, die zusätzlich zur Trinkwasserinstallation errichtet wird.
- Nach der Agenda 21 hat das Einsparen von Energie und Rohstoffen Vorrang gegenüber dem Einsparen von Wasser und Biomasse.
- Die Anlage kostet etwa 5.000 € (Investition).
- Der Spareffekt liegt bei etwa 50 m<sup>3</sup>/a.
- Ohne Wartungs- und Betriebskosten hat die Amortisationszeit die Größenordnung 50 Jahre.
- Eine solche Anlage kann nicht wirtschaftlich sein.



# Lösungsansätze (?): Auswirkungen der Regenwassernutzung



Grafik: DVGW-Arbeitsblatt W 555

## Bewertung 2:

- Regenwassernutzungsanlagen reduzieren in Ein- und Zweifamilienhäusern den mittleren Trinkwasserverbrauch.
- Der Abwasseranfall bleibt dagegen näherungsweise gleich (⇒ Gebührenpflicht!).
- Sie erhöhen aber den Spitzenwasserbedarf nach längerer Trockenheit signifikant.
- Die Anlagenkapazitäten für die Versorgungssituation bei Trockenheit müssen unverändert vorgehalten werden (⇒ Kostensituation der Wasserwerke).
- Regenwassernutzung kann keinen Beitrag zur Reduzierung von Bedarfsspitzen in Trockenphasen leisten (⇒ ... im Gegenteil!).

# Lösungsansätze: Auswirkungen von Hausbrunnen



Gartenbrunnen in Bad Ems  
Foto: Roth

## Bewertung 1:

- Hausbrunnen können auch im Sommer für die Gartenbewässerung und ähnliche (Brauchwasser-) Zwecke eingesetzt werden.
- Sie können damit einen Beitrag zur Reduzierung von Bedarfsspitzen in Trockenphasen leisten.



Gartenbrunnen in Süderlügum  
Foto: K. Eggert



Historischer Trinkwasserbrunnen  
in Bad Ems (Stadtteil Eisenbach)  
Foto: Roth



Demonstrationsbrunnen auf Baltrum  
Foto: Simone Roth

## Bewertung 2:

- Hausbrunnen sind de facto nur in oberflächennahen Porengrundwasserleitern sinnvoll.
- Die Förderung erfolgt aus einem oberflächennahen Grundwasserleiter (⇒ Ökologie; ⇒ Gefährdung).
- Die Förderung steht in Konkurrenz zur öffentlichen und landwirtschaftlichen Wassergewinnung.
- Geschätzte Fördermenge z.B. im Hessischen Ried: ca. 0,25 bis 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (wird nicht gemessen).

## Einfluss der Witterung auf den Wasserbedarf – Fazit

### Sachverhalt und Situation im Bestand

- In trockenen und heißen Sommern ist der Wasserbedarf signifikant erhöht.
- Der Tagesbedarf an heißen Sommertagen liegt um knapp 50 bis über 100 % über den jeweiligen Mittelwerten.
- Der Wasserbedarf in Trockenjahren liegt um bis zu 5 % über dem Mittel.
- In Trockenperioden ist das nutzbare Wasserdargebot rückläufig (Quellfassungen, ökologische Restriktionen, Konkurrenz mit Landwirtschaft).
- Die Überlagerung von hohem Wasserbedarf und niedrigem Dargebot stellt eins der Kernprobleme der Wasserversorgung dar.

### Prognose

- Im Zuge des Klimawandels wird mit längeren und intensiveren Trockenphasen und Trockenperioden gerechnet.
- Die Spitzenlastereignisse werden demnach an Intensität und Häufigkeit zunehmen.
- Der Jahresbedarf wird dabei jedoch nur relativ geringfügig zunehmen.

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

**DR.-ING. ULRICH ROTH**  
Beratender Ingenieur, Bad Ems

Professor – Frankfurt University of Applied Sciences

Homepage: [www.dr-roth-badems.de](http://www.dr-roth-badems.de)